



**Universidade de Brasília**  
**Instituto de Ciências Biológicas**  
**Programa de Pós-graduação em Ecologia**

**TESE DE DOUTORADO**

**Núcleo de florestas tropicais sazonalmente secas do Cerrado: diversidade, fitogeografia, endemismo, fenologia foliar e os controles ambientais e espaciais**

**Ricardo Flores Haidar**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Doutor em Ecologia.

**Orientador: Prof. Dr. Aldicir Scariot**

**Brasília – DF**

**Fevereiro de 2017**



**Universidade de Brasília  
Instituto de Ciências Biológicas  
Departamento de Ecologia  
Programa de Pós-graduação em Ecologia**

**Tese de doutorado**

**Ricardo Flores Haidar**

**Título:**

**“Núcleo de florestas tropicais sazonalmente secas do Cerrado: diversidade,  
fitogeografia, endemismo, fenologia foliar e os controles ambientais e espaciais”**

**Banca Examinadora:**

**Orientador: Prof. Dr. Aldicir Scariot  
Presidente  
Embrapa/Cenargen**

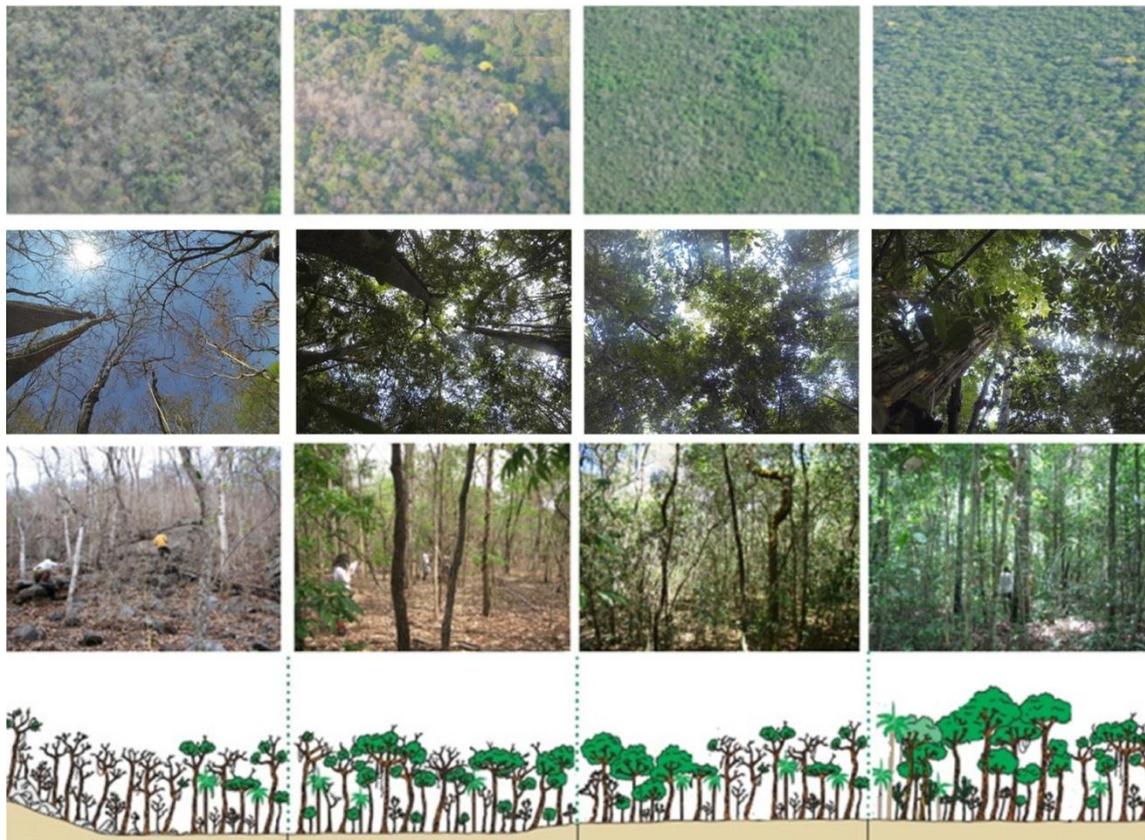
**Prof. Dr. Anderson Cássio Sevilha  
Membro titular  
Embrapa/Cenargen**

**Prof. Dr. José Roberto Rodrigues Pinto  
Membro titular  
EFL/UnB**

**Prof. Dr. Fabrício Alvim Carvalho  
Membro titular  
ECL/UFJF**

**Prof. Dr. Rafael Dudeque Zenni  
Membro titular  
ECL/UnB**

**Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Mercedes Bustamante  
Suplente  
ECL/UnB**



**Dedico aos que reconhecem a heterogeneidade de formações vegetais do bioma Cerrado**

## AGRADECIMENTOS

A elaboração dessa tese é fruto do empenho de dezenas de pesquisadores e funcionários de instituições e empresas onde tive a oportunidade de colaborar desde o ano de 2004. Tenho esse ano como o marco inicial da proposta da tese, pois foi quando amostramos a primeira área de floresta tropical sazonalmente seca que compõe nosso banco de dados e tive as primeiras reflexões dos temas abordados aqui.

Agradeço a minha mãe (Marilda Flores), meu pai (Elias Haidar de Almeida – *in memoriam*) e irmãos (Alex Augusto Flores Haidar e Elias Haidar de Almeida Júnior) pelo apoio incondicional durante a minha retomada à Universidade de Brasília (UnB), no final de 2012, para participar das seleções dos programas de doutorado. Agradeço a minha esposa (Mariana de Queiroz Matos) por me incentivar a voltar a estudar e cuidar solitariamente da nossa filha (Tainá Matos Haidar) em Palmas (TO) quando precisei morar em Brasília (DF), durante os semestres iniciais do doutorado. Serei eternamente grato pelo companheirismo e compreensão de toda a família!

Agradeço à amiga, Renata Dias Françoso, por me incentivar a fazer a seleção da prova de doutorado na Ecologia (UnB) e pela oportunidade da coleta de dados em áreas de florestas e cerrados do Maranhão e Mato Grosso, além de suas contribuições na análise de parte dos dados. Aos amigos Daniel Costa Carneiro, Gabriel Damasco do Vale, Irving Martins Silveira, Miguel Marinho Brandão e Gustavo Henrique Oliveira por me ajudarem durante atividades em campo e herbários e incentivo as práticas esportivas. Ao amigo Washington Luís de Oliveira agradeço pelas ajudas nas análises, revisão dos textos e proveitosas conversas pessoais.

Agradeço ao Dr. Aldicir Scariot por me orientar e apoiar durante todas as etapas do doutorado e confiar nas minhas propostas para a elaboração da tese. Além disso, me ofereceu a oportunidade de frequentar o Prédio de Botânica e Ecologia (PBE) do Cenargen/Embrapa. Nesse ambiente participei de importantes conversas e discussões sobre o bioma Cerrado que me ajudaram a refletir sobre o tema na tese. Além disso, depusitei o material botânico coletado a partir de 2013 no herbário (CEN) dessa instituição.

Agradeço a todos os pesquisadores (Ary Oliveira-Filho, Jose Roberto Rodrigues Pinto, Daniel Vieira e Marcelo Simon) que refinaram minhas propostas iniciais da tese durante o exame de qualificação. Agradeço aos membros da banca examinadora da tese

(Anderson Cássio Sevilha, Jose Roberto Rodrigues Pinto, Fabrício Alvin Carvalho, Daniel Vieira e Mercedes Bustamante e Rafael Zenni) pelas preciosas sugestões e correções na versão avaliada. Agradeço aos professores do Departamento de Ecologia da UnB, pela consistente formação que recebi, Vanessa pelo eficiente apoio na secretária e a Ricardo Machado pelas orientações na coordenação do curso. Agradeço a todos os colegas e amigos das disciplinas (em especial Gustavo Bediaga de Oliveira e Maxmiller Cardoso Ferreira) e dos Laboratórios da Ecologia que me acolheram e cederam espaço e estrutura para estudar na UnB, em especial no: Laboratório de Planejamento para Conservação (coordenado pelo professor Ricardo Machado), Laboratório de Ecossistemas (professora Mercedes Bustamante) e Laboratório de Ecologia Vegetal (professora Isabel Schmidt). Agradeço à Adriana Panhol Bayma e Gustavo Chaves Machado pelo incentivo e auxílio para utilizar índices remotos de vegetação no escopo da tese.

Agradeço também pelo apoio logístico e financeiro, além do precioso recurso humano fornecido pelas seguintes instituições e empresas: (i) Laboratório de Manejo Florestal e Dendrologia do Departamento de Engenharia Florestal da UnB (em especial aos professores Jeanine Maria Felfili e Manoel Cláudio da Silva Júnior), (ii) Projeto Biodiversidade e Fragmentação de Ecossistemas nos Cerrados marginais do Nordeste (Sítio 10 do PELD) da Universidade Federal do Piauí (em especial ao professor Alberto Jorge Castro), (iii) herbário da RECOR/IBGE (em especial à Marina Fonseca); (iv) OIKOS Pesquisa Aplicada (em especial à Ricardo Dias, Isac Tavares, Jailton dos Reis e Cláudia Bucar); (v) Secretaria de Planejamento do Estado do Tocantins (em especial à Rodrigo Sabino e Paulo Augusto) (vi) Universidade do Tocantins (UNITINS – em especial ao professor Eduardo Ribeiro dos Santos e a Antônio Carlos); (vii) Centro de Desenvolvimento Agroecológico do Cerrado; (viii) IBAMA e ICMBIO, pelas autorizações e apoio nas atividades realizadas nos Parques Nacionais Sete Cidades (PI) e Serra das Confusões (PI); (ix) Fundação Grupo Boticário; (x) Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) e a (xi) Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de doutorado durante o período de março de 2013 à fevereiro de 2017.

## SUMÁRIO

Resumo Geral	9
1 - Introdução geral	13
1.1 - Contextualização teórica	13
1.2 - Apresentação do estudo	21
1.3 - Referências bibliográficas	26
2 - Decifrando os controles da diversidade de espécies arbóreas e as tendências fitogeográficas de florestas tropicais sazonalmente secas do Cerrado	34
Resumo	34
2.1 - Introdução	35
2.2 - Materiais e Métodos	37
2.2.1 - Área de estudo	37
2.2.2 - Bases de dados	39
2.2.3 - Determinação dos grupos fitofisionômicos e os gradientes indiretos	40
2.2.4 - Influência do ambiente e do espaço na composição florística-estrutural	42
2.2.5 - Efeito das variáveis ambientais sobre os grupos fitofisionômicos	42
2.2.6 - Padrões fitogeográficos e de endemismo dos grupos fitofisionômicos	43
2.2.7 - Diversidade de espécies arbóreas e seus controles ambientais e espaciais	44
2.3 - Resultados	46
2.3.1 - Grupos fitofisionômicos de FTSS do bioma Cerrado	46
2.3.2 - Efeitos do ambiente e do espaço sobre a composição florística-estrutural	48
2.3.3 - Contribuições dos filtros ambientais na composição florística-estrutural	49
2.3.4 - Tendências fitogeográficas das principais espécies arbóreas	52
2.3.5 - Controles das variáveis ambientais e da estrutura espacial sobre a diversidade de espécies	56
2.4 - Discussão	58
2.4.1 - Os grupos fitofisionômicos das FTSS convergem com os distritos biogeográficos do Cerrado <i>sensu lato</i>	58
2.4.2 - Os nichos ambientais são estruturados no espaço e controlam as variações na composição florística-estrutural dos grupos fitofisionômicos	59
2.4.3 - Tendências de distribuição das espécies indicadoras entre os grupos fitofisionômicos	61
2.4.4 - Principais controles ambientais na variação da diversidade de espécies arbóreas	65
2.5 - Conclusões	67
2.6 - Referências bibliográficas	68
3 - Decifrando os padrões de abscisão foliar associados à diversidade de espécies e estrutura da vegetação arbórea no núcleo de florestas tropicais sazonalmente secas do Cerrado	77

Resumo	77
3.1 - Introdução	78
3.2 - Materiais e Métodos	80
3.2.1 - Área de estudo	80
3.2.2 - Obtenção dos dados de composição, estrutura e diversidade de espécies	80
3.2.3 - Obtenção e filtragem das séries temporais (2001 a 2013) do índice de vegetação melhorado (EVI) e métricas fenológicas	81
3.2.4 - Obtenção das séries temporais mensais de precipitação e temperatura	83
3.2.5 - Obtenção de dados do geoambientais	84
3.2.6 - Os grupos fenológicos e sua relação com os grupos fitofisionômicos	84
3.2.7 - Variações das métricas fenológicas em relação aos gradientes fitofisionômico e da diversidade de espécies e estrutura da vegetação	86
3.2.8 - Modelando a influência do ambiente, do espaço e dos ciclos fenológicos sobre a amplitude da capacidade fotossintética do estrato arbóreo	87
3.2.9 - Modelando a influência da sazonalidade da precipitação e da temperatura sobre os ciclos de fenologia foliar	88
3.3 - Resultados	88
3.3.1 - Assinaturas remotas dos ciclos de fenologia foliar dos remanescentes de FTSS	88
3.3.2 - Métricas fenológicas em relação à diversidade de espécies e estrutura da vegetação	93
3.3.3 - Influência do ambiente, espaço e tempo sobre a amplitude de abscisão foliar	95
3.3.4 - Controles da temperatura e da precipitação sobre os ciclos de fenologia foliar	96
3.4 - Discussão	99
3.4.1 - Os gradientes nos ciclos e métricas da fenologia foliar representam parte da diversidade local e regional na vegetação arbórea das FTSS do Cerrado	99
3.4.2 - Métricas fenológicas e variações na área basal	101
3.4.3 - Precipitação e nutrientes dos solos controlam a abscisão foliar	102
3.4.4 - Temperatura média mensal e a abscisão foliar	103
3.5 - Conclusões	104
3.6 - Referências bibliográficas	105
4 - Considerações Finais	112
Material Suplementar 1	117
Material Suplementar 2	121
Material Suplementar 3	146
Material Suplementar 4	147
Material Suplementar 5	148

Material Suplementar 6	149
Material Suplementar 7	150
Material Suplementar 8	151
Material Suplementar 9	152
Referências suplementares	153

## Resumo Geral

Existe um acalorado debate sobre as tendências biogeográficas e a diversidade de florestas tropicais sazonalmente secas (FTSS) que ocorrem na região central da diagonal das formações seca Neotropicais, ocupando a matriz de savanas do bioma Cerrado. Influentes estudos consideraram as FTSS do Cerrado como o principal componente de ligação dos maiores núcleos Neotropicais de FTSS, enquanto outros as classificam como extensões de biomas vizinhos ao Cerrado. Outra questão que torna confusa a caracterização das FTSS do Cerrado são as variações nos ciclos de fenologia foliar, especificamente a amplitude da abscisão foliar (deciduidade) que é o principal critério para classificar e mapear as FTSS do Brasil e um potencial indicativo da capacidade fotossintética e da estrutura da vegetação. No primeiro estudo investigamos a diversidade (alfa e beta) e os controles ambientais e espaciais entre 84 remanescentes de FTSS do Cerrado, definindo grupos fitofisionômicos (GF), por meio de análises de agrupamento e ordenação, e determinamos as tendências fitogeográficas, a partir de registros georeferenciados das espécies indicadoras dos GF. Comparamos apenas florestas que ocupam áreas de interflúvio ou encostas secas, sem influência dos corpos hídricos, da área nuclear (*core*) e marginais (transição com outros biomas) do Cerrado e que localmente são designadas como Mata Seca ou Floresta Estacional Decídua, Semidecídua e Sempre-Verde. Identificamos oito grupos fitofisionômicos definidos pela variação na composição florística-estrutural das espécies arbóreas entre os remanescentes da área nuclear e em faixas de transição e contato do bioma Cerrado com Caatinga, Amazônia e Mata Atlântica. As variáveis ambientais estruturadas no espaço, somados aos efeitos isolados dos filtros ambientais e espaciais contribuíram em 27% com a variação da vegetação. A disponibilidade de nutrientes dos solos foi a variável ambiental que exerceu maior controle na diversidade beta, com o dobro do poder de explicação da precipitação anual média, que foi a segunda variável de maior peso. Três GF possuem espécies indicadoras cujas distribuições são centradas no Brasil Central, enquanto os demais GF apresentam espécies indicadoras concentradas na Mata Atlântica, Caatinga ou Amazônia. Encontramos oito espécies endêmicas que habitam dois GF da área nuclear do Cerrado. Através de curvas de rarefação e extrapolação dos números de Hill determinamos que a riqueza e quantidade de espécies raras são significativamente maiores nas FTSS do contato do Cerrado com o bloco norte da Mata Atlântica. Comunidades com maior dominância ecológica (grande quantidade de

indivíduos distribuídos entre poucas populações) concentram-se nos remanescentes da área nuclear do Cerrado e nos contatos com a Caatinga e com o bloco sul da Mata Atlântica, onde detectamos a maior fertilidade dos solos e a menor precipitação anual média entre os sítios amostrados. No segundo estudo verificamos quanto e como ciclos da fenologia foliar dos remanescentes e métricas fenológicas, derivadas de índices remotos de vegetação, representam a variação da diversidade alfa e beta e a estrutura (área basal e densidade) da vegetação arbórea. Através de análises de agrupamento e ordenação baseadas nos ciclos de fenologia foliar, determinamos quatro grupos fenológicos com tendências que variam de decíduas a sempre-verde, assim como expressivas diferenças nos ciclos dos remanescentes entre os oito grupos fitofisionômicos anteriormente identificados. As métricas fenológicas podem ser utilizadas para representar parte da variação da diversidade (alfa e beta), assim como da área basal da vegetação arbórea. Os principais controles dos níveis de abscisão foliar dos remanescentes estão associados à precipitação anual média e a disponibilidade de nutrientes dos solos, depois de acomodadas as estruturas espaciais e temporais no componente aleatório do modelo de efeito misto. No entanto, a abscisão foliar das FTSS das áreas de contato do Cerrado com a Mata Atlântica foi relacionada com a diminuição da temperatura média mensal na estação seca, enquanto que nos remanescentes dos demais GF esse evento fenológico foi relacionado com o aumento da temperatura. Os resultados encontrados reforçam os recentes achados sobre a elevada diversidade beta entre remanescentes de FTSS da região Neotropical, mesmo quando refinamos a escala da análise para a parte central da diagonal seca. Determinamos a possibilidade de dividir as FTSS do Cerrado em oito grupos fitofisionômicos geograficamente similares aos distritos biogeográficos do Cerrado *sensu stricto*. Portanto, são apresentados padrões fitogeográficos adicionais e em escala mais refinada aos conhecidos atualmente, que podem guiar a elaboração e revisão de políticas públicas dirigidas ao conjunto das fitofisionomias do Cerrado. Os consistentes gradientes nos ciclos de fenologia foliar dos remanescentes, associados às variações do meio físico e da diversidade e estrutura da vegetação, indicam o potencial de uso dos índices para refinar mapas da distribuição de FTSS no Cerrado e, ainda, que essa técnica pode ser empregada para determinar os ciclos fenológicos das FTSS em outros núcleos da diagonal seca na região Neotropical.

**Palavras-chave:** árvores; capacidade fotossintética; clima; diagonal seca Neotropical; fertilidade do solo; Floresta Estacional, grupos fitofisionômicos; Mata Seca; MODIS.

## General Abstract

There is an interesting debate on the biogeographic trends and diversity of Seasonally Dry Tropical Forests (SDTF), located within the limits of the Cerrado biome. Influential studies have classified these forests as the largest remnant patches of the Neotropical SDTF dry diagonal, while other researches have taken them as incursions of neighboring biomes into the Cerrado. Another question that makes the classification of SDTFs in Cerrado confusing is the seasonal variability of leaf abscission (deciduousness), which is the primary criterion to characterize and map the Brazilian SDTFs and to indicate the photosynthetic capacity and vegetation structure. In the first chapter, we estimated the diversity (alpha and beta) and the environmental and spatial controls among 84 remnants of the Cerrado SDTF, setting up phytophysiology groups (PG) and their phytogeographic trends. We compared only forests situated on interfluvial or dry slopes, not influenced by water courses, from the core and marginal areas (transition with other biomes) of the Cerrado, which were locally designated as Dry Forests or Seasonally Deciduous and Semi-deciduous or Evergreen Forests. We identified eight phytophysiology groups defined by the variation in the structural and floristic composition of tree species along the remnants in the Cerrado's nuclear area and boundaries with the Caatinga, Amazon and Atlantic Forest. The environmental variables structured in space and the isolated effects of environmental and spatial filters contributed to 27% of the variation on the tree vegetation composition and density. Soil nutrient availability was the strongest predictor of the tree species beta diversity, explaining twice as much as the effect of the mean annual precipitation. Three phytophysiology groups had indicator species whose distributions are centered on the Central Brazil, yet in the other groups, the indicator species are distributed across the Atlantic Forest, Caatinga and Amazon. We found eight endemic Cerrado species inhabiting only two groups on the Central Brazil. The species richness and the number of rare species are significantly higher in the boundaries between the Cerrado and the North Atlantic Forest block. Tree communities with higher ecological dominance are located in the Cerrado core area, the boundaries with Caatinga and the South Atlantic Forest block, where we detected the highest soil fertility and the lowest annual mean precipitation. In the second chapter, we analyzed the leaf phenological cycles of the remnants of SDTF derived from vegetation indexes obtained through GIS pipelines. We determined four phenological groups with trends that vary from deciduous to evergreen

canopy species, as well as meaningful differences in the cycles of the remnants among the eight phytophysiognomy groups previously identified. The phenological metrics can be used to represent part of the variation of alpha and beta diversity, as well as the basal area, but not the tree relative abundances. The main predictors of the leaf deciduousness in the remnants were mean annual precipitation and soil fertility. However, canopy phenology of SDTFs in the boundary of Cerrado with the Atlantic Forest was related to decrease in mean monthly temperature at the dry season, while in all other groups, it was related to increase in temperature. Our results reinforce recent findings on the high beta diversity across remnants of SDTF in the Neotropical region, even though we limited the analysis to the central part of the “dry diagonal” in the Cerrado biome. Finally, we are elucidating phytogeographic patterns in a more refined scale to guide the elaboration of public policies focused on the conservation of SDTFs in the Cerrado. The consistent gradients within the phenological leaf cycles associated with the variability of the diversity and tree stature, indicate the potential use of vegetation indexes to subsidize better maps showing the SDTF’s distribution in the Cerrado and others remnants across the dry diagonal in the Neotropical region.

**Keywords:** Dry Forest, Seasonally Dry Forest; Neotropical dry diagonal; phytophysiognomy groups; photosynthetic capacity; MODIS; climate; soil fertility.

## 1 - Introdução geral

### 1.1 - Contextualização teórica

As florestas não são formações desprezíveis na maior savana da região Neotropical (Oliveira-Filho & Ratter 1995, 2002), assim como nas savanas da África, Austrália e Ásia (Eiten 1986). Há estimativas que as áreas florestadas cobriam aproximadamente 800.000 km<sup>2</sup> (Sano *et al.* 2008), ou seja, cerca de 40% do bioma Cerrado (Eiten 1972, MMA 2006, Ribeiro & Walter 2008). Para elaboração desse tese o bioma Cerrado foi tratado como a extensa região do Planalto Central brasileiro e seus contatos nas bordas dos biomas Caatinga, Amazônia, Mata Atlântica e Pantanal, mas sob o mesmo domínio morfoclimático (Ab'Saber 1971, 2000) e composto por complexo de organismos englobando a vegetação clímax e suas subdivisões que formam um mosaico de fitofisionomias campestres, savânicas e florestais por onde transitam os componentes da fauna (Ribeiro & Walter 2008, Oxford 2010). Enquanto que na área nuclear do bioma Cerrado (Planalto Central brasileiro) predomina a formações savânicas (cerrado *sensu stricto*) e a distribuição das florestas são descontínuas, nas faixas de transição e contato do Cerrado com os biomas adjacentes áreas florestadas cobrem expressivas porções de terra (MMA 2006, Silva *et al.* 2006, Sano *et al.* 2008).

As florestas do Cerrado, supostamente sobre os solos mais férteis e/ou úmidos de distintas unidades de paisagem (Silva *et al.* 2006), foram drasticamente reduzidas após intensivos desmatamentos durante a interiorização do Brasil a partir de décadas de 1970 (Oliveira-Filho & Ratter 1995). Atualmente os maiores remanescentes (fragmentos) estão concentrados na parte norte e nordeste do Cerrado (Sano *et al.* 2008, IBAMA 2011), seja nas margens dos cursos de água (Mata de Galeria e Ciliar); sobre encostas, planaltos e afloramentos de rocha (Floresta Estacional ou Mata Seca) ou nas formações de Cerradão (ambientes de transição do cerrado *sensu stricto* com as florestas) (Ribeiro & Walter 2008). Apesar de reduzidas em área, as florestas do Cerrado comportam espécies de plantas endêmicas (Mendonça *et al.* 2008) que contribuem para o seu *status* de *hotspot* de biodiversidade (Myers *et al.* 2000), além de servir como reservatórios de produtos madeireiros e não madeireiros para comunidades rurais e tradicionais da região (Felfili 2003, Scariot & Sevilha 2005, Pereira *et al.* 2011).

Detectar as diferenças e os limites entre os distintos tipos de florestas é uma árdua tarefa em regiões da savana Neotropical (Torello-Raventos *et al.* 2013), seja pela

diversidade de meio abiótico ou pela influência da ação humana, como o intensivo uso do fogo (Ratter 1992) e o corte seletivo de madeira (Scariot & Sevilha 2005). Detectar essas diferenças é ainda mais complexo em áreas de contato do Cerrado com outros biomas do Brasil, onde há transição entre comunidades dificilmente identificáveis e gradientes de substituições de espécies (Toledo *et al.* 2011). Estudos sobre padrões globais de diversidade indicam que riqueza e raridade são mais elevados nessas áreas de contato e transição (Kark & van Rensburg 2006).

Para as comunidades arbóreas do Cerrado *sensu lato*, elevada riqueza e raridade ocorrem nas áreas marginais (Castro *et al.* 1999, Bridgewater *et al.* 2004), enquanto que as espécies endêmicas se concentram na área nuclear (Françoso *et al.* 2016). Por outro lado, existe uma oligarquia (pequeno número) de espécies predominantes (10% do total) de ampla distribuição no Cerrado (Ratter *et al.* 2003). Nesse caso, tanto as áreas marginais (Smith *et al.* 2001), quanto as áreas nucleares de endemismo (Mutke & Barthlott *et al.* 2005), devem ser consideradas prioritárias para a formulação de estratégias de conservação da flora arbórea do Cerrado *sensu lato* (Françoso *et al.* 2016). No entanto, para as formações florestais do Cerrado são escassas as informações para definir esforços e prioridades para conservação (Portillo-Quintero & Sánchez-Azofeifa 2010).

Em termos biogeográficos, os remanescentes de florestas do Cerrado são considerados relictos de formações mais contínuas e amplas que possibilitaram a ligação entre ecossistemas Neotropicais em distintos episódios de flutuações paleoclimáticas decorrentes dos ciclos glaciais e interglaciais do Pleistoceno (Bigarella *et al.* 1975, Prado & Gibbs 1993, Behling 1995, Werneck *et al.* 2012, Bueno *et al.* 2016). Por isso, a distribuição geográfica das espécies arbóreas das florestas do Cerrado foi utilizada para a elaboração de hipóteses sobre os rotas e ciclos de expansão e retração das florestas úmidas e secas na região Neotropical (Cabrera & Willink 1973, Prado & Gibbs 1993, Pennington *et al.* 2000, Oliveira-Filho & Ratter 2002, Pennington *et al.* 2004).

Supõem-se que a conexão entre os maiores núcleos de Floresta Tropical Úmida (FTU) da América do Sul (Amazônia e Mata Atlântica) ocorre através da rede dendrítica de Matas de Galeria e Ciliares que ocupam fundos de vales da região do Cerrado (*sensu* Ribeiro & Walter 2008), também reconhecida como a rota “Noroste-Sudeste” (Cabrera & Willink 1973, Bigarella *et al.* 1975, Oliveira-Filho & Ratter 2000,

Oliveira-Filho & Fontes 2002, Fiaschi & Pirani 2009). A distribuição das espécies nessa rota é muito variável e limitada por fatores como oscilação de temperatura no sentido latitudinal e a crescente sazonalidade das precipitações na direção do Brasil Central (Oliveira-Filho & Ratter 2002). Além de fatores ambientais, a proximidade com os biomas vizinhos define as características fitogeográficas das Matas de Galeria e Ciliares de cada setor do Cerrado (Oliveira-Filho & Ratter 1995, Kunz *et al.* 2009, Pinto & Oliveira-Filho 1999).

Apesar do consenso sobre a importância que as Matas de Galeria e Ciliares do Cerrado desempenham na conexão entre as duas maiores Florestas Úmidas Neotropicais (Amazônia e Mata Atlântica), existe acalorado e controverso debate sobre a biogeografia das espécies e classificação das Florestas Tropicais Sazonalmente Secas (FTSS) do Cerrado. Alguns autores as consideram fitofisionomias integrantes do bioma Cerrado (Eiten 1986, Veloso *et al.* 1991, Ab'Saber 2000, Oliveira-Filho & Ratter 2002, Ribeiro & Walter 2008), enquanto outros as classificam como extensões (intrusões) de formações florestais presentes em outros biomas Neotropicais (Coutinho 2006, Batalha 2011, Oliveira-Filho & Fontes 2000, Oliveira-Filho *et al.* 2006, Eisenlohr & Oliveira-Filho 2015). Essas incertezas culminam em acirradas discussões em torno dos tipos de vegetação (fitofisionomias) e do conceito de bioma aplicado para o Cerrado (Coutinho 2006, Ribeiro & Walter 2008, Batalha 2011) e têm influência direta na formulação das políticas públicas para conservação e manejo dessas florestas e do cerrado. Por exemplo, a Lei Nº 428 de 22 de agosto de 2006 determina a proteção dos ecossistemas da Mata Atlântica e indica que todas as Florestas Estacionais Decíduas e Semidecíduas do Cerrado devem ser integradas no conceito de Mata Atlântica *sensu latissimo*, ou seja, propõe a exclusão de áreas florestadas da área do bioma Cerrado (Coutinho 2006). Ao mesmo tempo em que protege as áreas florestadas do Cerrado, essa lei fragiliza a elaboração de medidas de conservação das savanas e campos ao subtrair a diversidade de espécies e formações vegetais que coexistem a milhões de anos (Dexter *et al.* 2015, Bueno *et al.* 2016, Werneck *et al.* 2012) nas distintas paisagem que bioma Cerrado (Silva *et al.* 2006).

No contexto da Teoria do Arco do Pleistoceno (TAP), proposta inicialmente por Prado & Gibbs (1993), as FTSS do Cerrado são considerados relictos disjuntos de uma ampla e contínua floresta que atualmente ocupam a diagonal sul-americana de formações abertas (também conhecida como "diagonal das formações secas" ou "rota

Nordeste-Sudoeste”) (Figura 1.1). Os remanescentes de FTSS da região Neotropical estão distribuídos nos sítios onde a precipitação média anual é inferior a 1.600 mm, a estação de seca tem ao menos cinco meses, geadas são ausentes e os solos, de forma geral, são férteis (elevado pH e concentração de bases solúveis) (Pennington *et al.* 2006). A expansão máxima da unidade fitogeográfica das FTSS Neotropicais (Prado 2000) teria ocorrido durante o último glacial máximo (UGM), entre 18 a 21 mil anos A.P. (antes do presente) (Bigarella *et al.* 1975, Ledru 1993). Conforme Prado & Gibbs (1993), essa floresta cobriu desde o maior núcleo de FTSS Neotropical, localizado no nordeste do Brasil (bioma Caatinga), se estendeu por todo o Brasil Central (Cerrado) e a borda sul da Amazônia (Florestas Pré-Chaquenhas) e do Pantanal, e potencialmente ocupou os vales secos Inter andinos.

Prado & Gibbs (1993) ao formularem a TAP acreditavam que a disjunção das manchas de FTSS na região Neotropical foi resultado do processo de vicariância (fragmentação histórica) devido flutuações climáticas dos períodos interglaciais posteriores a UGM e intensos distúrbios como o fogo (Ratter 1992). Para avaliar esse processo ecológico buscou-se testar a teoria neutra (Hubell 2005) ao correlacionar a variação na composição florística (diversidade beta) com a distância geográfica entre as áreas fonte e as áreas colonizadas (e.g., Pennington *et al.* 2006, 2009). Conforme essa teoria, todas as espécies são igualmente competitivas e capazes de crescer sobre amplo espectro de condições ambientais, sendo a limitação da dispersão ou do recrutamento os fatores determinantes da estruturação das populações dentro das comunidades (Hubell 2005). Logo, locais espacialmente próximos devem ter composição florística-estrutural mais similares do que aqueles distantes (Condit *et al.* 2002), independentemente das condições ambientais (Primack & Miao 1992).

Recentemente estudos têm analisado os padrões de distribuição de espécies de FTSS da região Neotropical para revê-la em diferentes contextos fitogeográficos (Linares-Palomino *et al.* 2003, 2011, Bridgewater *et al.* 2003, Spichiger *et al.* 2004, Oliveira-Filho & Fontes 2000, Oliveira-Filho *et al.* 2006, Santos *et al.* 2012, Banda-R *et al.* 2016). Esses estudos rejeitaram parcialmente a TAP, ao revelar que a diversidade beta entre as FTSS neotropicais é mais alta do que o esperado ao acaso e que as espécies que embasaram a TAP representam uma minoria (< 1,5%) das 3839 espécies reconhecidas atualmente. Ao contrário das florestas da Amazônica (ter Stege *et al.*

2015) e das savanas do Cerrado (Ratter *et al.* 2003, França *et al.* 2016), as FTSS não apresentam oligarquia de espécies por toda sua área de ocupação (Banda-R *et al.* 2016). Pelo contrário, foram identificados 21 núcleos florísticos de FTSS Neotropicais (Figura 1.1), baseados na variação da composição de espécies de FTSS da América do Sul e do Caribe (Linares-Palomino *et al.* 2011), que de forma geral, apresentam elevado número de espécies endêmicas (Banda-R *et al.* 2016).

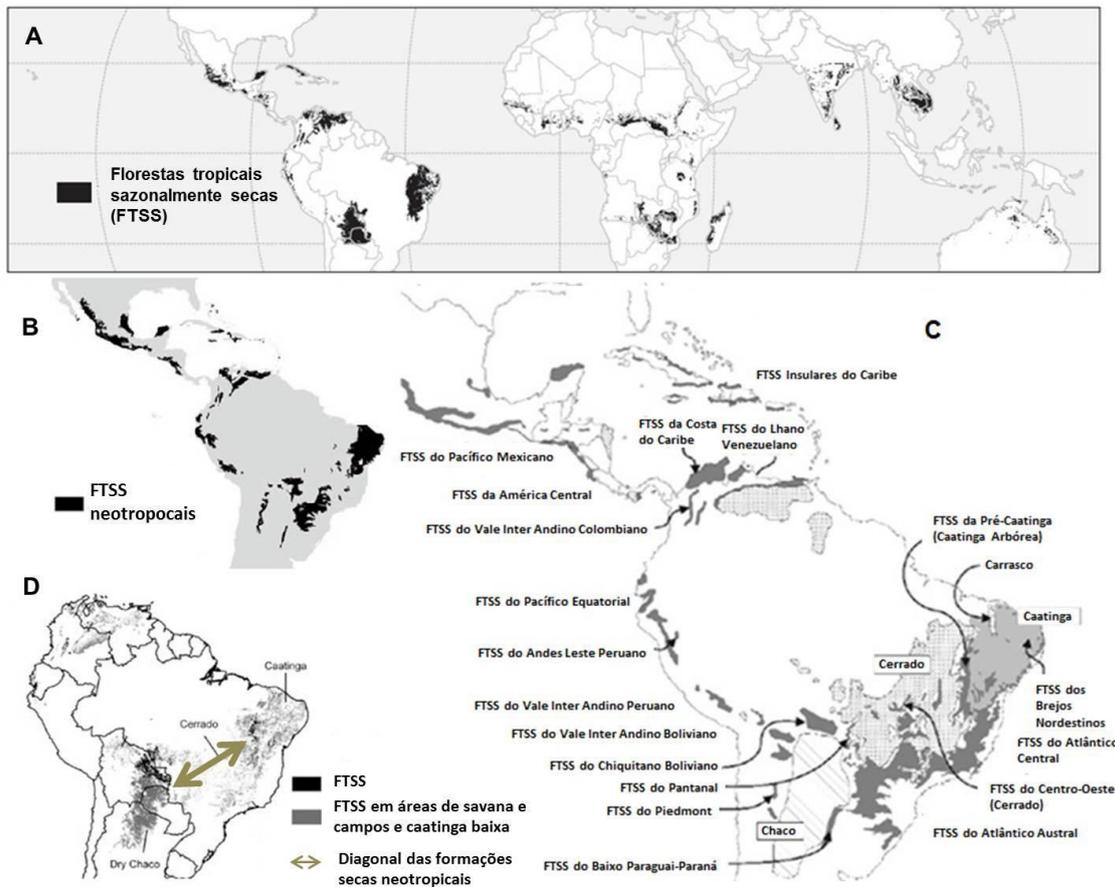


Figura 1.1 – A) Distribuição das principais áreas contínuas cobertas por Florestas Tropicais Sazonalmente Secas (FTSS) no mundo (Fonte: Miles *et al.* 2006); B) e na América Latina e Caribe (Fonte: K-Banda *et al.* 2016). C) Localização dos 21 núcleos neotropicais de FTSS (Fonte: modificado de Linares-Palomino *et al.* 2011) e D) representação da “diagonal das formações secas neotropicais” ou “rota Nordeste-Sudoeste” que embasaram a Teoria do Arco do Plesitoceno de Prado & Gibbs (1993) (Fonte: modificado de Portillo-Quintero & Sánchez-Azofeifa 2010).

Além das evidências da desconexão florística entre as FTSS do Arco do Pleistoceno (Linares-Palomino *et al.* 2011), foi constatado que algumas espécies de gêneros considerados endêmicos de FTSS da América do Sul apresentaram diversificação anterior ao Quaternário e não possuem padrões comuns de surgimento por especiação alopátrica por vicariância (Pennington *et al.* 2004, Caetano *et al.* 2008). Ao contrário, essas espécies apresentam filogenia altamente estruturada com indivíduos próximos geneticamente ocupando a mesma área geográfica (Pennington *et al.* 2009). Além disso, o período de máxima expansão das FTSS na região Neotropical ainda é um assunto bastante controverso (Ledru 1993, 2002, Collevatti *et al.* 2013, Werneck *et al.* 2011), podendo ter ocorrido em distintos episódios glaciais (Mayle 2006, Bueno *et al.* 2016, Werneck *et al.* 2012) e de forma bastante irregular, espacial e temporalmente (Werneck *et al.* 2011).

A ideia da limitação de dispersão (teoria neutra) como responsável pela substituição de espécies da “diagonal das formações seca” foi, recentemente, adicionada à possibilidade de controles ambientais (clima e solo) (teoria de nicho) para se determinar os padrões de diversidade beta da vegetação arbórea de FTSS da região Neotropical (Neves *et al.* 2015). Conforme a teoria de nichos as características relevantes para estratégias ecológicas das plantas evoluíram em resposta a filtros ambientais e, portanto, espécies com características específicas seriam favorecidas em determinadas condições ambientais sobre outras (Hutchinson 1957), assim como diferentes estratégias ecológicas são dominantes em distintos ambientes (Leibold & McPeck 2006, Tuomisto 2010).

Reconhecendo a heterogeneidade climática, geomorfológica e edáfica que abrangem as regiões onde estão inseridos os 21 núcleos de FTSS Neotropicais, a realização de análises das correlações florísticas e ambientais foram incentivadas em escala detalhada (Oliveira-Filho *et al.* 2006, Pennigton *et al.* 2009, Linares Palomino *et al.* 2011, Santos *et al.* 2012). Nesse contexto, os possíveis controles ambientais que atuam dentro de alguns núcleos foram identificados como, por exemplo, em FTSS da Caatinga (Santos *et al.* 2012) e para Florestas Subtropicais Sazonalmente Secas (FSSS) do sul do Brasil (Gonçalves & Souza 2013, Oliveira-Filho *et al.* 2013). Essas avaliações biogeográficas revelaram fortes gradientes de variação florística e substituição de espécies, e determinaram grupos florísticos, baseados na similaridade de espécies arbóreas, como no caso da distinção entre Florestas Estacionais interioranas e as

Florestas Ombrófilas litorâneas da Mata Atlântica (Oliveira-Filho *et al.* 2013) e da heterogeneidade na composição de espécies de FTSS que ocupam as distintas ecorregiões na Caatinga (Santos *et al.* 2012).

Novas análises possibilitaram interpretações sobre as rotas de migração e rearranjos dos potenciais nichos ecológicos durante as flutuações climáticas pretéritas, com implicações diretas para a conservação da diversidade de espécies arbóreas das formações florestais das regiões estudadas (Gonçalves & Souza 2014, Santos *et al.* 2012, Oliveira-Filho *et al.* 2013, Neves *et al.* 2015). Nessas investigações o método de partição de variância foi usado para avaliar a contribuição relativa dos fatores ambientais medidos e processos espacialmente autocorrelacionados no controle na mudança de espécies (Legendre *et al.* 2012). Esse método é particularmente útil para tratar a fragmentação do habitat nos ecossistemas com dados paleoecológicos limitados, como o Cerrado (Neves *et al.* 2015).

Algumas tentativas de identificar questões primordiais para a conservação das FTSS do Cerrado foram realizadas em níveis local e regional (Santos *et al.* 2012, Haidar *et al.* 2013, Kilca *et al.* 2014). Entretanto, nenhuma análise abrangeu toda a área do Cerrado (ou aonde restam fragmentos de florestas), contemplando as três formações florestais (decíduas, semidecíduas e sempre-verde), e usando séries temporais de índices de vegetação do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) para caracterizar as fases fenológicas das formações florestais remanescentes.

Em ampla escala, foi reconhecido que dentro do gradiente climático da “diagonal de formações secas” existem FTSS que ocupam a parte central e sul do Cerrado associadas às temperaturas mais baixas, e que são mais similares às florestas dos núcleos da Caatinga e Chiquitano (na Bolívia) (Neves *et al.* 2015). Por outro lado, as FTSS da parte norte do Cerrado estão relacionadas aos maiores níveis de precipitação anual média e agrupam-se em termos florísticos com as FTSS do núcleo de Piedmont (grupo úmido) (Neves *et al.* 2015). Devido ao amplo gradiente climático (relacionado às oscilações de temperatura e precipitação), a flora unificada do núcleo de FTSS do Cerrado apresentou elevada afinidade florística com as FTSS dos núcleos vizinhos: Mata Atlântica (67% de similaridade), Caatinga Arbórea (Peri-Caatinga) (60%), Pantanal (54%) e Chiquitano Boliviano (46%) (Linares-Palomino *et al.* 2011) (Figura 1.1).

Influente avaliações biogeográficas revelaram elevado nível de afinidade florística das FTSS do Cerrado com florestas de biomas adjacentes, em especial com as FTSS da Mata Atlântica (Oliveira-Filho & Fontes 2000, Oliveira-Filho *et al.* 2006). Esses resultados subsidiaram o governo brasileiro (IBGE 2008) a tratar parte das FTSS decíduas e semidecíduas do bioma Cerrado como extensões de formações florestais do bioma Mata Atlântica, dentro do conceito de Mata Atlântica *sensu latissimo* (Oliveira-Filho & Fontes 2000, Oliveira-Filho *et al.* 2006, Eisenlohr & Oliveira-Filho 2015), assim como são tratadas parte das FTSS da Caatinga (Santos *et al.* 2012, Neves *et al.* 2015).

Ressaltamos que a definição de FTSS utilizada nos estudos que embasaram o conceito de Mata Atlântica *sensu latissimo* incluiu tanto as FTSS (Floresta Estacional ou Mata Seca) como as formações ribeirinhas (Mata de Galeria e Ciliar) do Cerrado (*sensu* Ribeiro & Walter 2008). Em algumas análises, ambas as fitofisionomias foram agrupadas para caracterizar a flora de determinadas localidades (Oliveira-Filho & Fontes 2000, Oliveira-Filho *et al.* 2006). Por outro lado, Eisenlohr & Oliveira-Filho (2015) consideraram apenas as Matas de Galeria e Ciliares do Cerrado para revisar os padrões da Mata Atlântica *sensu latissimo*, e ressaltaram a necessidade da exclusão das florestas decíduas desse conceito.

Ao tratar apenas as florestas decíduas evidencia-se elevada afinidade florística das FTSS do Cerrado com a vegetação da Caatinga (Andrade-Lima 1981, Neves *et al.* 2015). Sobretudo quando se compara a frequência das espécies das Florestas Estacionais Decíduas da região leste do Cerrado (oeste da Bahia, norte de Minas Gerais, nordeste de Goiás e sudeste do Tocantins) com a Caatinga Arbórea (Santos *et al.* 2012), caracterizando-as como *stepping stones* entre os dois maiores núcleos de FTSS (Caatinga e periferia do Chaco) da diagonal seca (Prado & Gibbs 1994, Felfili 2003). De forma análoga, foi determinado que a FTSS Sempre-Verde (que ocorre na faixa de transição entre o Cerrado e Amazônia, em especial nos estados do Mato Grosso e Tocantins) possui composição de espécies associadas à rota Noroeste-Sudeste que conecta as florestas da borda sul Amazônica com a parte oriental da Floresta Atlântica (Marimon *et al.* 2001 a, b, Ivanauskas *et al.* 2008).

Diante da ampla variação na composição florística-estrutural entre as FTSS do Cerrado verificamos a existência de lacunas sobre a diversidade (alfa e beta), os controles ambientais e espaciais (auto correlação espacial), a biogeografia e os ciclos de

fenologia foliar das espécies que compõem os diferentes tipos de FTSS. É necessária a realização de análise abrangendo apenas os remanescentes florestais de áreas de interflúvio ou encostas secas, sem influência dos corpos hídricos, nas áreas centrais (*core*, nuclear) e marginais (transição com outros biomas), para tratar apenas das FTSS localmente designadas como Floresta Estacional ou Mata Seca Decídua, Semidecídua e Sempre-Verde (*sensu* Ribeiro & Walter 2008). Essa avaliação é limitada devido à dificuldade de obter informações quantitativas padronizadas do meio biótico e abiótico em florestas mundialmente ameaçadas (Miles *et al.* 2006), que na paisagem do Cerrado estão fragmentadas (Sano *et al.* 2008) em meio a matriz antrópica ou ocorrendo como manchas em mosaico com as fitofisionômicas do Cerrado *lato sensu* e das Matas de Galeria e Ciliares (Scariot & Sevilha 2005, Felfili 2003, Ribeiro & Walter 2008).

## 1.2 - Apresentação do estudo

Para preencher lacunas de conhecimento acerca das FTSS do Cerrado, foi elaborada uma base de amostras com dados quali-quantitativos (composição e densidade de espécies arbóreas) de 84 remanescentes (Figura 1.2). Há cerca de 20 anos esses dados são coletados de forma padronizada no âmbito de diversas parcerias entre universidades, centros de pesquisa e agências governamentais nacionais e internacionais (Material Suplementar 1). Abrangemos sete bacias hidrográficas e distintas zonas climáticas na área central do Cerrado e em áreas de transição com outros biomas (Figura 1.2). Selecionamos preferencialmente remanescentes dentro de unidades de conservação e áreas prioritárias para conservação de níveis federal e estadual, além de áreas legalmente destinadas à conservação em propriedades rurais do Cerrado (Reserva Legal).

A distribuição fragmentada e descontínua das FTSS do Cerrado, ocupando a parte central da “diagonal seca” da região Neotropical (Prado & Gibbs 1993) nos permitiu elaborar a hipótese (i) de que existem grupos de florestas similares em termos da composição de espécies e densidade das populações (composição florística-estrutural), que a partir de agora serão denominados grupos fitofisionômicos (GF). Acreditamos que existam distintos GF tanto na área nuclear do Cerrado, como nas faixas de transição e contatos (MMA 2006), conforme constatado em pré-análises de FTSS do Cerrado em escalas distintas (Santos *et al.* 2012, Kilca *et al.* 2014, Neves *et al.* 2015) e para a vegetação arbórea do Cerrado *sensu lato* (Ratter *et al.* 2003). Nossa segunda hipótese (ii) é de que tanto a proximidade entre os remanescentes (estrutura

espacial – auto correlação espacial) quanto os gradientes ambientais (filtros climáticos e edafo-topográficos) influenciam na diversidade beta do núcleo de FTSS no Cerrado, de acordo com os resultados obtidos em outros núcleos de FTSS da região Neotropical (Santos *et al.* 2012, Gonçalves & Souza 2014, Eisenlohr & Oliveira-Filho 2015, Oliveira-Filho *et al.* 2013).

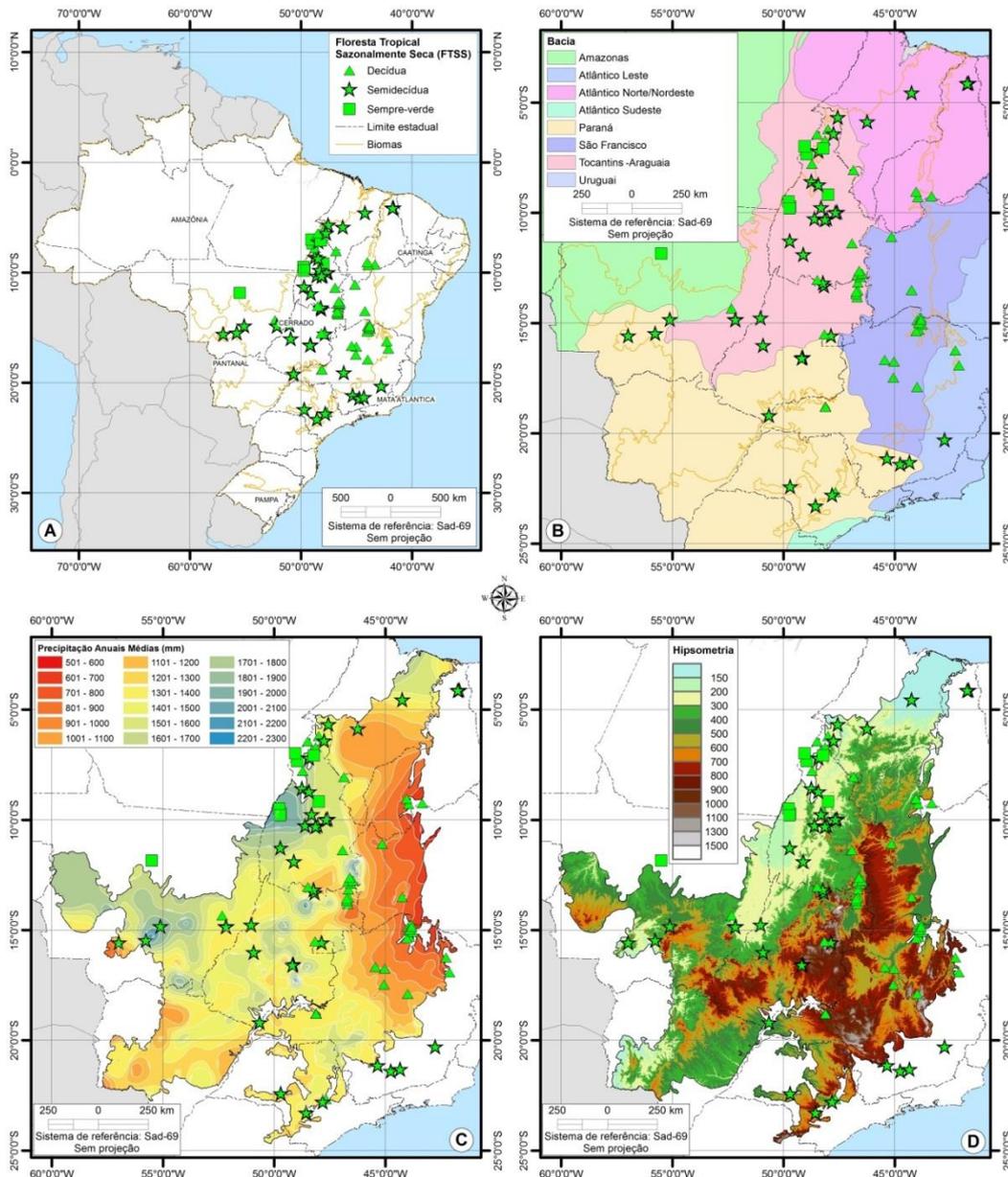


Figura 1.2 – Localização dos 84 sítios de florestas tropicais sazonalmente secas (FTSS) classificadas conforme o nível de deciduidade no auge da estação seca (fornecidas pelos autores), no contexto: A) dos biomas do Brasil; B) das bacias hidrográficas do bioma Cerrado; C) da precipitação anual média e D) temperatura anual média.

A hipótese (iii) foi elaborada para avaliar se existem relictos florestais do bioma Cerrado (Ribeiro & Walter 2008) ou se estes são oriundos de formações de outros biomas do Brasil (formações extra-Cerrado - *sensu* Coutinho 2006). Acreditamos que existem grupos fitofisionômicos de FTSS do Cerrado cujas espécies indicadoras têm distribuições concentradas no Planalto Central e que comportam espécies endêmicas do Cerrado. Adicionalmente, testamos a hipótese (iv) de alta riqueza e raridade em áreas de tensão ecológica com biomas detentores de florestas ombrófilas (Atlântica e Amazônica), onde há registros de elevada diversidade local (Thomas *et al.* 2008, ter Steege *et al.* 2016) e pequena quantidade de populações dominantes (poucas espécies com a maioria dos indivíduos da comunidade – a partir de agora tratado como dominância ecológica) em direção à Caatinga (Santos *et al.* 2012), corroborando o padrão documentado para as FTSS da região Neotropical devido a variação na sazonalidade da precipitação (Oliveira-Filho *et al.* 2006).

Além da relação entre a composição florística-estrutural da vegetação arbórea e o ambiente (clima, relevo e solo), a análise de séries temporais de índices de vegetação extraídos do sensor MODIS (Huete *et al.* 2002, Jönsson e Eklundh 2004) tem sido eficiente para caracterizar diferentes tipos de cobertura vegetal da região Neotropical (Portillo-Quintero & Sánchez-Azofeifa 2010, Guan *et al.* de 2015, Wagner *et al.* 2016). No Cerrado, esse tipo de análise foi eficaz para distinguir os ciclos de fenologia foliar das principais formações vegetais (Carvalho Jr. *et al.* 2006, 2008, Santana *et al.* 2010, Silva *et al.* 2010, Oliveira *et al.* 2010, Couto Junior *et al.* 2011). No entanto, poucos estudos em escala local revelaram diferenças entre as assinaturas espectrais das diferentes fases fenológicas presentes nas FTSS do Cerrado (Oliveira *et al.* 2010, Borges e Sano 2014, Bayma & Sano 2015), apesar do conceito ecológico considerar três níveis de abscisão foliar (deciduidade) desse tipo de floresta: decídua, semidecídua e sempre-verde (Eiten 1972, IBGE 2012, Ribeiro & Walter 2008).

As espécies de FTSS decíduas, em geral, ocorrem em solos férteis e apresentam valores elevados de superfície de área foliar com presença de cristais de cálcio e células mucilaginosas relacionadas ao alto desempenho de ganho de carbono e nutrientes durante a estação chuvosa limitada (Somavilla *et al.* 2014). Por outro lado, as espécies de FTSS que ocorrem sobre solos de baixa fertilidade (calcífugas) em geral, possuem fenologia semidecíduas ou sempre-verde como estratégia de evitar a perda de nutrientes que são escassos nos solos onde se desenvolvem (Araújo & Haridasan 2007).

Compreender as interações entre variações na fenologia foliar, diversidade e do ambiente pode facilitar a interpretação de imagens de satélite e o mapeamento dos distintos tipos de FTSS e, assim, aperfeiçoar os sistemas de classificação das FTSS do Cerrado e da região Neotropical.

É pertinente uma análise inédita de séries temporais de Índices de Vegetação do sensor MODIS para caracterizar em ampla escala o comportamento de resposta espectral das diferentes fases fenológicas observadas em remanescentes de FTSS do Cerrado. Além disso, é necessário verificar a relação deste comportamento com a diversidade (alfa e beta) e parâmetros da estrutura (densidade e área basal) comunitária dos remanescentes, assim como em relação aos filtros ambientais (clima, relevo e solos) e a auto correlação espacial (filtros espaciais). Dos índices mais utilizados, o Índice de Vegetação Melhorado (EVI – *Enhanced Vegetation Index*) demonstrou bom desempenho para substituir complexas respostas das plantas aos controles ambientais como, por exemplo, a eficiência de uso da água em relação à temperatura e radiação solar em florestas estacionais decíduais da China (Tang *et al.* 2016). Além disso, incrementos em EVI está positivamente correlacionado com incremento em biomassa em FTSS pantropicais (Wagner *et al.* 2016).

Compreender as interações entre variações nos padrões de resposta espectrais em relação às diferentes fases fenológicas com a composição florística-estrutural, diversidade de espécies e estrutura (densidade e área basal) da vegetação pode facilitar a interpretação de imagens de satélite e aperfeiçoar o mapeamento espacial dos distintos tipos de FTSS do Cerrado. Esses mapeamentos são essenciais para subsidiar o desenvolvimento de estratégias de conservação e manejo, como a identificação de áreas prioritárias para sua conservação. Aqui, buscamos correlacionar: (i) padrões de resposta espectrais das diferentes fases fenológicas com composição, estrutura da vegetação e diversidade de árvores de FTSS do Brasil Central e (ii) a intensidade de deciduidade com o clima (temperatura, precipitação, radiação e umidade relativa do ar), solos e relevo nas áreas centrais e marginais do Cerrado (contatos com a Caatinga, Amazônia e Mata Atlântica).

Avaliamos se as variações nas respostas espectrais dos remanescentes acompanham as substituições na composição florística-estrutural da vegetação arbórea, ou seja, são mais similares dentro dos grupos fitofisionômicos do que entre os mesmos. Nesse contexto, acreditamos que os gradientes das respostas espectrais em relação as

diferentes fases fenológicas das formações florestais da região central e marginal do Cerrado (transição com outros biomas) podem ser resumidos em grupos fenológicos similares aos oficialmente reconhecidos para o Brasil (IBGE 2012) e localmente para o Cerrado (Ribeiro & Walter 2008): FTSS Decíduas, Semidecíduas e Sempre-Verdes.

Determinamos como as variações nas métricas fenológicas acompanham a oscilação da diversidade alfa e da estrutura (densidade e área basal) da vegetação arbórea. Em seguida verificamos como a variação do clima e da disponibilidade de nutrientes dos solos influenciam na intensidade da deciduidade anual das espécies que compõem as formações florestais. E por fim, avaliamos as direções e intensidades das influências mensais de temperatura e precipitação sobre os valores mensais de EVI entre remanescentes de FTSS de áreas nucleares e marginais do Cerrado, buscando esclarecer se os gradientes fenológicos e interações biofísicas são determinados pela proximidade com os principais domínios morfoclimáticos do Brasil.

Objetivamos responder e esclarecer alguns questionamentos importantes para a conservação e manejo das FTSS do Cerrado: (i) Existem variações na composição florística-estrutural da vegetação arbórea entre os remanescentes de FTSS que ocorrem na área nuclear e em faixas de transição e contato do bioma Cerrado com Caatinga, Amazônia e Mata Atlântica, formando distintos grupos fitofisionômicos (GF)? (ii) Essas variações estão relacionadas com a proximidade entre os remanescentes, evidenciando a importância da estrutura espacial, ou com variações ambientais (temperatura, precipitação, relevo e substrato)? (iii) Existem relictos florestais do bioma Cerrado ou estes são formações oriundas de outros biomas? (iv) A variação no número de espécies total, raras, dominantes nos remanescentes segue o gradiente de diversidade latitudinal ou apresentam relação com outros fatores ambientais? (v) As séries temporais de EVI, e suas métricas, têm relação direta com a variação da diversidade de espécies arbóreas e estrutura da vegetação? (vi) Quais variáveis explicam melhor a variação na amplitude da abscisão foliar (deciduidade) entre as diferentes formações vegetacionais de FTSS do Cerrado? (vii) A influência da variação mensal de precipitação e da temperatura no ciclo da fenologia foliar é similar dentro e entre os grupos fitofisionômicos? (viii) A variação na fenologia foliar das distintas formações é suficiente para subsidiar o mapeamento das FTSS dentro do bioma Cerrado, abrangendo toda heterogeneidade na composição florística-estrutural e ambiental?

### 1.3 - Referências bibliográficas

- Ab'Saber, A.N. 2000. Spaces occupied by the expansion of dry climates in south America during the quaternary ice ages. *Revista do Instituto Geológico*, 21(1/2):71-78.
- Ab'Saber, A.N. 1971. A organização natural das paisagens inter e subtropicais brasileiras. *In*: M. G. Ferri (coord). III Simpósio sobre o Cerrado. Editora Edgard Blücher, São Paulo. p. 1-14.
- Andrade-Lima, D. 1981. The caatingas dominium. *Revista Brasileira de Botânica* 4:149-163.
- Banda-R, K, Delgado-Salinas, A., Dexter, K.G., Linares-Palomino, R., Oliveira-Filho, A., Darién P., Pullan, M., Quintana, C., Riina, R., Rodríguez, G.M., Weintritt, J., Acevedo-Rodríguez, P., Adarve, J., Álvarez, E., Aranguren, A., Arteaga, J.C., Aymard, G., Castaño, A., Ceballos-Mago, N., Cogollo, A., Cuadros, H., Delgado, F., Devia, W., Dueñas, H., Fajardo, L., Fernández, A., Fernández, M.A., Janet Franklin, J., Freid, E.H., Galetti, L.A., Gonto, R., González-M, R.G., Graveson, R., Helmer, E.H., Idárraga, A., López, R., Marcano-Veja, H., Martínez. O.G., Maturo, H.M., McDonald, M., McLaren, K., Melo, O., Mijares, F., Mogni, V., Molina, D., Moreno, N.P., Nassar, J.M., Neves, D.M., Oakley, L.J., Oatham, M., Olvera-Luna, A.R., Pezzini, F.F., Dominguez, O.J.R., Ríos, M.E., Rivera, O., Rodríguez, N., Rojas, A., Särkinen, T., Sánchez, R., Smith, M., Vargas, C., Villanueva, B. & Toby Pennington, R.T. 2016. Plant diversity patterns in neotropical dry forests and their conservation implications. *Science* 353:1383-1387.
- Batalha, M.A. 2011. O cerrado não é um bioma. *Biota Neotropica* 11 (1): 21-24.
- Bayma, A.P. & Sano, E. E. Séries temporais de índices de vegetação (NDVI e EVI) do sensor MODIS para detecção de desmatamentos no bioma Cerrado. *Boletim de Ciências Geodésicas* 21(4):797-813. doi.org/10.1590/S1982-21702015000400047
- Behling, H. 1995. A high resolution Holocene pollen record from Lago do Pires, SE Brazil: vegetation, climate and fire history. *Journal of Paleolimnology* 14:253-268.
- Bigarella, J.J., Andrade-Lima, D. & Riehs, P. 1975. Considerações a respeito das mudanças paleoambientais na distribuição de algumas espécies vegetais e animais no Brasil. *In*: Anais do Simpósio Internacional sobre o Quaternário, Curitiba. Anais da Academia Brasileira de Ciências 47:411-464.
- Borges, E.F. & Sano, E.E. 2014. Caracterização fenológica da cobertura vegetal do oeste da Bahia a partir de séries temporais de EVI do sensor MODIS. *Revista Brasileira de Cartografia* 66(6):1265-1280.
- Bridgewater, S., Pennington, R.T., Reynel, C., Daza, A. & Pennington, T.D. 2003. A preliminary floristic and phytogeographic analysis of the woody flora of seasonally dry forests in northern Peru, *Candollea*, 58, 129.
- Bridgewater, S, Ratter, J.A. & Ribeiro, J.F., 2004. Biogeographic patterns, Beta-diversity and dominance in the Cerrado biome of Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 13(12): 2295–2318.
- Bueno, M.L., Pennington, R.T., Dexter, K.G., Kamino, L.H.Y., Pontara, V., Neves, D. R.M., Ratter, J.A. and de Oliveira-Filho, A.T. 2016. Effects of Quaternary climatic fluctuations on the distribution of Neotropical savanna tree species. *Ecography* 39:1-12. doi: 10.1111/ecog.01860.

- Cabrera, A.L. & Willink, A. 1973. Biogeografia de America Latina. Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos, Washington, p.120.
- Caetano, S., Pennington, R.T., Prado, D., Spichiger, R & Naciri, Y. 2008. The history of Seasonally Dry Tropical Forests in eastern South America: inferences from the genetic structure of the tree *Astronium urundeuva* (Anacardiaceae). *Molecular Ecology*, 13(17):3147-3159.
- Campbell, M.O.N. 2013 Biodiversity and the African Savanna: Problems of Definition and Interpretation. *Journal Biodiversity and Endangered Species* 1(3):1-8. doi: 10.4172/2332-2543.1000116
- Carvalho JR., O.A., Hermuche, P.M. & Guimarães, R.F. 2006. Identificação regional da floresta estacional decidual na bacia do Rio Paranã a partir da análise multitemporal de imagens MODIS. *Revista Brasileira de Geofísica* 24(3):319-332.
- Carvalho Jr., O.A., Sampaio, C.S., Silva, N.C., Couto Júnior, A.F., Gomes, R.A.T., Carvalho, A.P.F. & Shmabukuro, Y.E. 2008. Classificação de padrões de savana usando assinaturas temporais NDVI do sensor MODIS no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros. *Revista Brasileira de Geofísica* 26(4):505-517.
- Castro, A.A.J.F., Martins, F.R., Tamashiro, J.Y. & Shepherd, G.J. 1999. How rich is the flora of Brazilian Cerrados? *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 86(1): 192–224.
- Collevatti, R.G., Terribile, L.V., Lima-Ribeiro, M.S., Nabout, J.C., Oliveira, G., Rangel, T.F. & Diniz-Filho, J.A.F. 2013. Drawbacks to Palaeodistribution Modelling: The Case of South American Seasonally Dry Forests. *Journal of Bio-geography* 40 (2): 345-358.
- Condit, R., Pitman, N., Leigh, E.G., Chave, J., Terborgh, J., Foster, R.B., Núñez, P., Aguilar, S., Valencia, R., Villa, G., Muller-Landau, H.C., Losos, E. & Hubbell, S. 2002. Betadiversity in tropical forest trees. *Science* 295:666–669.
- Coutinho, L.M. 2006. O conceito de bioma. *Acta Bot. Bras.* 20(1):1-11.
- Couto Jr, A.F., Carvalho Jr, O.A., Martins, E.S., Santana, O.A., Souza, V.V. & Encinas, J.I. 2011. Tratamento de ruídos e caracterização de fisionomias do Cerrado utilizando séries temporais do sensor MODIS. *Revista Árvore* (35):699-705.
- Dexter, K., Smart, B., Baldauf, C., Baker, T.R., Balinga, M.P., Brienen, R.J.W., Fauset, S., Feldpausch, T.R., Silva, L. Ferreira-Da, Muledi, J. Ilunga, Lewis, S.L., Lopez-Gonzalez, G., Marimon-Junior, B.H., Marimon, B.S., Meerts, P., Page, N., Parthasarathy, N., Phillips, O.L., Sunderland, T.C.H., Theilade, I., Weintritt, J., Affum-Baffoe, K., Araujo, A., Arroyo, L., Begne, S. K., Neves, E. Carvalho-Das, Collins, M., Cuni-Sanchez, A., Djuikouo K, M-N., Elias, F., Foli, E. G., Jeffery, K. J., Killeen, T., Malhi, Y., Maracahipes, L., Mendoza, C., Morandi, P., Santos, C. Oliveira-Dos, Parada-Gutierrez, A., Pardo, G., Peh, K.S.H., Salomão, R.P., Silveira, M., Sinatora-Miranda, H., Silk, J.W.F., Sonke, B., Taedoumg, H. E., Toledo, M., Umetsu, R.K., Villaruel, R.G., Vos, V., White, L.J.T., Pennington, R.T. 2015. Floristics and biogeography of vegetation in seasonally dry tropical regions. *International Forestry Review* 17(S2): 10-32.
- Eisenlohr P.V. & Oliveira Filho A.T. 2015. Revisiting patterns of tree species composition and their driving forces in the Atlantic Forests of Southeastern Brazil. *Biotropica* 47:689–701. doi:10.1111/btp.12254

- Eiten G. 1972. The Cerrado vegetation of Brazil. *The Botanical Review* 38: 201-341.
- Eiten, G. 1986. The use of the term “savanna”. *Tropical Ecology* 27(1):10-23.
- Felfili, J.M., Nascimento, A.R.T., Fagg, C.W. & Meirelles, E.L. 2008. Floristic composition and community structure of a seasonally deciduous dry forest on limestone outcrops in Central Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 30(4): 611- 621.
- Felfili, J.M. 2003. Fragmentos de Florestas Estacionais do Brasil Central: diagnóstico e propostas de corredores ecológicos. In *Fragmentação Florestal e Alternativas de Desenvolvimento Rural na Região Centro-Oeste*. (R.B. Costa, org.) UCDB, Campo Grande. p. 139-160.
- Fiaschi, P., & J.R. Pirani. 2009. Review of plant biogeographic studies in Brazil. *J. Syst. Evol.* 47: 477–496.
- Françoso, R.D., Haidar, R.F. & Machado, R.B. 2016. Tree species of South America central Savana: endemism, marginal areas and the relation with others biomes. *Acta Botanica Brasilica* 30(1):78-86.
- Gonçalves, E.T. & Souza, A.F. 2014. Floristic variation in ecotonal areas: patterns, determinants and biogeographic origins of subtropical forests in South America. *Austral Ecol* 39:122-134. doi:10.1111/aec.12051.
- Guan, K., Pan, M., Li, H., Wolf, A., Wu, J., Medvigy, D., Caylor, K.K., Sheffield, J., Wood, E.F., Malhi, Y., Liang, M., Kimball, J.S., Saleska, S.R., Berry, J., Joiner, J., & Lyapustin, A.I. 2015. Photosynthetic seasonality of global tropical forests constrained by hydroclimate, *Nature Geoscience* 8:284–289. doi:10.1038/ngeo2382.
- Hubbell, S.P. 2005. Neutral theory in community ecology and the hypothesis of functional equivalence. *Functional Ecology* 19:166–172.
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E.P., Gao, X. & Ferreira, L.G. 2002. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, v. 83, n. 1-2, p. 195-213.
- IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 2011. Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite. Brasília, IBAMA.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2004. Mapa de Biomas do Brasil. Escala 1: 5.000.000. <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomas.shtm>.
- IBGE. 2008. Mapa da área de aplicação da Lei nº 11,428 de 2006, Decreto nº 6.660, de 21 de novembro de 2008. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria de Geociências, Brasília, Brazil.
- IBGE. 2012. Manual técnico da Vegetação Brasileira. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 92p.
- Ivanauskas, N.M., Monteiro, R. & Rodrigues, R.R. 2008. Classificação fitogeográfica das florestas do Alto Rio Xingu. *Acta Amazonica* 34: 387-402.
- Jönsson, P. & Eklundh, L. 2004. TIMESAT: a program for analyzing time-series of satellite sensor data. *Computers & Geosciences*, 30(1) 833-845.

- Jurinitz, C.F. & Jarenkow, J.A., Estrutura do componente arbóreo de uma floresta estacional na Serra do Sudeste, Rio Grande do Sul, Brasil. *Rev. Brasil. Bot.*, 26, 475, 2003.
- Kark, S. & van Rensburg, B. J. 2006. Ecotones: marginal or central areas of transition? *Israel Journal of Ecology and Evolution*, 52 1: 29-53. doi:10.1560/IJEE.52.1.29
- Kunz, S.H., Ivanauskas, N.M., Martins, S.V., Silva, E. & Stefanello, D. 2008. Aspectos florísticos e fitossociológicos de um trecho de Floresta Estacional Perenifolia na Fazenda Trairão, Bacia do Rio das Pacas, Querência-MT. *Acta Amazonica* 38(2): 245-254.
- Kunz, S.H., Ivanauskas, N.M., Martins, S.V., Silva, E. & Stefanello. 2009. Análise da similaridade florística entre florestas do Alto Rio Xingu, da Bacia Amazônica e do Planalto Central. *Revista Brasil. Bot.* 32(4):725-736.
- Ledru, M.P. 2002. Late Quaternary history and evolution of the Cerradões as revealed by palynological records. *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a Neotropical savanna* (ed. by P.S. Oliveira & R.J. Marquis). Columbia University Press, New York. p. 33–50.
- Ledru, M.P. 1993. Late Quaternary environmental and climatic changes in central Brazil. *Quaternary Research* 39:90-98.
- Legendre, P., Borcard, D. & Roberts, D.W. 2012. Variation partitioning involving orthogonal spatial eigenfunction submodels. *Ecology*, 93:1234–1240.
- Lehmann, C.E.R., Archibald, S. A, Hoffmann, W. A. & Bond, W.J. 2011. Deciphering the distribution of the savanna biome. *New Phytologist* **191**:197–209.
- Leibold., M.A. & McPeck, M.A. 2006. Coexistence of the niche and neutral perspectives in community ecology. *Ecology* 87(6):1399-1410.
- Linares-Palomino, R., Pennington, R.T. & Bridgewater, S. 2003. The phytogeography of the seasonally dry tropical forests in Equatorial South America, *Candollea*, 58:473.
- Linares-Palomino, R., Oliveira-Filho, A.T. & R.T.Pennington. 2011. Neotropical seasonally dry forests: diversity, endemism and biogeography of woody plants. In: *Seasonally dry tropical forests: ecology and conservation*. (R. Dirzo, H. S. Young, H. A. Mooney, & G. Ceballos, eds). Island Press, Washington, DC. p. 3–21.
- Marimon, B.S., Felfili, J.M. & Haridasan, M. 2001a. Studies in monodominant forests in eastern Mato Grosso, Brasil: I. A forest of *Brosimum rubescens* Taub. *Edinburgh Journal of Botany* 58(1): 123-137.
- Marimon, B.S., Felfili, J.M. & Haridasan, M. 2001b. Studies in monodominant forests in eastern Mato Grosso, Brasil: II. A forest in the Areões Xavante Reserve. *Edinburgh Journal of Botany* 58(3): 483-497.
- Mayle, F. E. 2006. The late quaternary biogeographical history of South American seasonally dry tropical forests; insights from paleo-ecological data. In: Pennington, T. R., Lewis, G. P., Ratter, J. A. (Eds). *Neotropical savannas and seasonally dry forests: plant diversity, biogeography, and conservation*, London: Taylor & Francis.
- Mendonça, R.C., Felfili, J.M., Walter, B.M.T., Silva Jr., M.C., Rezende, A.V., Filgueiras, T.S., Nogueira, P.E. & Fagg, C.W. 2008. Flora vascular do bioma Cerrado: checklist com 12.356 espécies. In: Sano S, Almeida S, Ribeiro J, (eds.) *Cerrado: ecologia e flora*. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica. p. 423-1279.

- Miles, L. Newton, A.C., Defries, R.S., Ravilious, C., May, I., Blyth, S., Kapos, V., L. & Gordon, J.E. 2006. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography* 33:491-505.
- MMA, 2006. Mapas de cobertura vegetal dos biomas brasileiros. Brasília, DF: Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Ministério do Meio Ambiente-MA, (<http://www.mma.gov.br>).
- Myers, N, Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Fonseca, G.A.B. & Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- Mutke, J. & Barthlott, W. 2005. Patterns of vascular plant diversity at continental to global scales. *Biol. Skr.* 55: 521-531. ISSN 0366-3612. ISBN 87-7304-304-4.
- Neves, D.M., Dexter, K.G., Pennington, R.T., Bueno M.L. & Oliveira Filho, A.T. 2015. Environmental and historical controls of floristic composition across the South American Dry Diagonal. *Journal of Biogeography* 42: 1566–1576 doi:10.1111/jbi.12529.
- Odom, E.P. & Barrett, G.W. 2005. *Fundamentals of ecology* (5<sup>th</sup> ed.) Belmont, CA: Thomson Brooks/Cole.
- Oliveira, T.C.A., Carvalho, L.M.T., Oliveira, L.T., Martinhago, A.Z., Júnior, F., W.A. & Lima, M.P. 2010. Mapping deciduous forests by using time series of filtered modis NDVI and neural networks. *Lavras* 16(2): 23-130.
- Oliveira-Filho, A.T., Ratter, J.A. 2002. Vegetation Physiognomies and Woody Flora of the Cerrado Biome. In: Oliveira PS, Marquis RJ. (eds.) *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna*. New York, Columbia University Press. p. 93-120.
- Oliveira-Filho, A.T. & Fontes, M.A.L. 2000. Patterns of floristic differentiation among Atlantic forests in southeastern Brazil, and the influence of climate. *Biotropica* 32: 793–810.
- Oliveira-Filho, A.T., Jarenkow, J.A. & Rodal, M.J.N. 2006. Floristic relationships of seasonally dry forests of eastern South America based on tree species distribution patterns. In R. T. Pennington, G. P. Lewis, & J. A. Ratter (Eds.). *Neotropical savannas and dry forests: Plant diversity, biogeography, and conservation*, Taylor & Francis CRC Press, Oxford, UK. p. 159–192.
- Oliveira-Filho, A.T., Budke, J.C., Jarenkow, J.A., Eisenlohr, P.V. & Neves, D.R.M. 2013. Delving into the variations in tree species composition and richness across South American subtropical Atlantic and Pampean forests. *J. Plant Ecol.* <http://dx.doi.org/10.1093/jpe/rtt058> pages 1-23.
- Oliveira-Filho, A.T. & Ratter, J.A. 1995. A study of the origin of Central Brazilian forests by the analysis of plants species distribution patterns. *Edinburgh Journal of Botany* 52: 141-194.
- Pennington, R.T., Lavin, M., Prado, D.E., Pendry, C.A., Pell, S.K. & Butterworth, C.A. 2004. Historical climate change and speciation: Neotropical seasonally dry forest plants show patterns of both Tertiary and Quaternary diversification. *Philosophical Transactions of the Royal Society London, Series B: Biological Sciences* 359: 515–537.

- Pennington, R.T., Lavin, M. & Oliveira-Filho, A.T. 2009. Woody plant diversity, evolution, and ecology in the tropics: perspectives from Seasonally Dry Tropical Forests. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 40:437–57.
- Pennington, R.T., Lavin, M., Prado, D.E., Pendry, C.A., Pell, S.K. & Butterworth, C.A. 2004. Historical climate change and speciation: Neotropical seasonally dry forest plants show patterns of both Tertiary and Quaternary diversification. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 359, 515–538.
- Pennington, R.T., Lewis, G.P. & Ratter, J.A. 2006. An overview of the plant diversity, biogeography and conservation of Neotropical savannas and seasonally dry forests. In: Pennington, R.T., Lewis, G.P., & Ratter, J.A. (eds.) *Neotropical savannas and seasonally dry forests: plant diversity, biogeography, and conservation*. CRC Press, Boca Raton, U.S.A. pp. 1-29.
- Pennington, R.T., Prado, D.E. & Pendry, C.A. 2000. Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. *Journal of Biogeography* 27(2): 261-273.
- Pereira, B.A.S., Venturoli, F. & Carvahó, F.A. 2011. Florestas estacionais no Cerrado: uma visão geral. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 41(3): 446-455.
- Pinto, J.R.R. & Oliveira-Filho, A.T. 1999. Perfil florístico e estrutura da comunidade arbórea de uma floresta de vale no Parque Nacional da Chapada dos Guimarães, Mato Grosso, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 22:53-67.
- Portillo-Quintero, C.A. & Sánchez-Azofeifa, G.A. 2010. Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. *Biological Conservation* 143:144-155.
- Prado, D.E. & Gibbs, P.E. 1993. Patterns of species distributions in the dry seasonal forests of South America. *Annals of Missouri Botanic Gardens* 80: 902-927.
- Prado, D.E., Seasonally dry forests of tropical South America: from forgotten ecosystems to a new phytogeographic unit. *Edinburgh J. Bot.*, 57, 437, 2000.
- Primack, R.B. & Miao, S.L. 1992. Dispersal can limit local plant distribution. *Conservation Biology* 6:513-519.
- Ratter, J.A. 1992. Transitions between cerrado and forest vegetation in Brasil. In: Furley, P.A., Proctor, J. & Ratter, J. A. (Eds.) *Nature and dynamics of forest savanna boundaries*. Chapman & Hall, London. p. 51-76.
- Reichstein, M., Bahn, M., Mahecha, M.D., Kattge, J. & Baldocchi, D.D., 2014. Linking plant and ecosystem functional biogeography. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, U.S.A 111, 13697–13702.
- Ribeiro, J.F. & Walter, B.M.T. 2008. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: *Cerrado: ecologia e flora* (Sano, S. M., Almeida, S. P. & Ribeiro, J. F., eds.). Embrapa Cerrados, Brasília, p. 151-212.
- Sankaran, M., Hanan, N.P., Scholes R.J., Ratman, J., Augustine, D.J., Cade, B.S., Gignoux, J., Higgins, S.I., Le Roux, X., Ludwig, F., Ardo, J., Banyikwa, F., Bronn, A., Bucini, G., Caylor, K.K., Coughenour, M.B., Diouf, A., Ekaya, W., Feral, C.J., February, E.C., Frost, P.G.H., Hiernaux, P., Hrabar, H., Metzger, K.L., Prins, H.H.T., Ringrose, S., Sea, W., Tews, J., Worden, J., Zambatis, N. 2005. Determinants of woody cover in African savannas. *Nature* 438(8):846–849.

- Sano, E.E., Rosa, R., Brito, J.L.S. & Ferreira, L.G. 2008. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira* 43(1): 153-156.
- Santana, O.A., Carvalho Jr., O.A., Pimentel, C.M.M., Gomes, R.A.T. & Oliveira, S.N. 2010. Modelagem de espectros temporais NDVI-Modis, no período de 2000 a 2008, na bacia do rio Paracatu, Brasil. *Revista Brasileira de Geofísica* 28(1):47-60.
- Santos, R.M., Oliveira-Filho, A.T., Eisenlohr, P.V., Queiroz, P.L., Cardoso, D.B.O.S. & Rodal, M.J.N. 2012. Identity and relationship of the Arboreal Caatinga among other floristic units of seasonally dry tropical forests (SDTF) of north-eastern and Central Brazil. *Ecology and Evolution* 2(2): 409-429.
- Scariot, A & Sevilha, A.C. 2005. Biodiversidade, estrutura e conservação de florestas estacionais decíduais no Cerrado. In: *Cerrado: Ecologia, biodiversidade e conservação* (Scariot, A., Souza-Silva, J. C. & Felfili, J. M., orgs.). Ministério do Meio Ambiente, Brasília. p. 121-139.
- Silva, G.B.S., Formaggio, A.R., Shimabukuro, Y.E., Adami, M. & Sano, E.E. 2010. Discriminação da cobertura vegetal do Cerrado matogrossense por meio de imagens MODIS. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 45(2):186-194.
- 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(4): 536-548.
- Smith, T.B., Kark, S., Schneider, C.J., Wayne, R.K. & Moritz, C. 2001. Biodiversity hotspots and beyond: the need for conserving environmental transitions. *Trends in Ecology and Evolution* 16: 431.
- Tang, X., Li, H., Xua, X., Luoa, J., Li, X, Dingb, Z. & Xiec, J. 2016. Potential of MODIS data to track the variability in ecosystem water-use efficiency of temperate deciduous forests *Ecological Engineering* 91: 381–391. doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.02.022
- ter Steege, H., Vaessen, R.W., Cárdenas-López, D., Sabatier, D., Antonelli, A., de Oliveira, S.M., Pitman, N.C.A., Jørgensen, P.M. & Salomão, R.P. 2016. The discovery of the Amazonian tree flora with an updated checklist of all known tree taxa. *Scientific Reports*, 6, 29549.
- Toledo, M., Poorter, L., Peña-Claros, M., Alarcón, A., Balcázar, J., Chuvina, J., Leño, C., Licona, J.C., ter Steege, H., Bongers, F. 2011. Patterns and determinants of floristic variation across lowland forests of Bolivia. *Biotropica* 43:405-4013.
- Thomas, W.W., Carvalho, A.M.V., Amorim, A.M., Garrison, J. & Santos, T.S. 2008. Diversity of woody plants in the Atlantic coastal forest of southern Bahia, Brazil. In *The Atlantic Coastal Forests of Northeastern Brazil*. Mem. New York Bot. Gard. 100:21-66.
- Torello-Raventos, M., Feldpausch, T. R., Veenendaal, E., Schrodte, F., Saiz, G., Domingues, T. F., Djagbletey, G., Ford, A., Kemp, J., Marimon, B. S., Hur Marimon Junior, B., Lenza, E., Ratter, J. A., Maracahipes, L., Sasaki, D., Sonké, B., Zapfack, L., Taedoumg, H., Villarreal, D., Schwarz, M., Quesada, C. A., Yoko I, F., Nardoto, G.B., Affum-Baffoe, K., Arroyo, L., M.J.S. Bowman, D., Compaore, H., Davies, K., Diallo, A., Fyllas, N. M., Gilpin, M., Hien, F., Johnson, M., Killeen, T. J., Metcalfe, D., Miranda, H.S., Steininger, M., Thomson, J., Sykora, K., Mougou, E., Hiernaux, P., Bird, M.I., Grace, J., Lewis, S. L., Phillips, O. L. & Lloyd, J. 2013. On the delineation

- of tropical vegetation types with an emphasis on forest/savanna transitions. *Plant Ecol Divers* 6:101–137. doi: 10.1080/17550874.2012.762812.
- Tuomisto, H. 2010. A diversity of beta diversities: straightening up a concept gone awry. Part 1. Defining beta diversity as a function of alpha and gamma diversity. *Ecography* 33: 2–22. doi: 10.1111/j.1600-0587.2009.05880.x
- Veloso, H.P., Rangel Filho, A.L.R. & Lima, J.C.A. 1991. *Classificação da Vegetação Brasileira, adaptada a um sistema universal*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.
- Wagner, F.H., Hérault, B. & Bonal, D. *et al.* 2016. Climate seasonality limits carbon assimilation and storage in tropical forests. *Biogeosciences Discuss.*, doi:10.5194/bg-2015-619.
- Werneck, F.P., Costa, G.C., Colli, G.R., Prado, D.E. & Sites, J.W. 2011. Revisiting the historical distribution of seasonally dry tropical forests: new insights based on palaeodistribution modelling and palynological evidence. *Global Ecology and Biogeography* 20: 272–288.
- Werneck, F.P., Nogueira, C., Colli, G.R., Sites, J.W. & Costa, G.C. 2011. Climatic stability in the Brazilian Cerrado: implications for biogeographical connections of South American savannas, species richness and conservation in a biodiversity hotspot”. *Journal of Biogeography*, 39: 1695–1706.
- Zhang, J., Hu, Y., Xiao, X., Chen, P., Han, S., Song, G. & Yu, G. 2009. Satellite-based estimation of evapotranspiration of an old-growth temperate mixed forest. *Agric. Forest Meteorol.* 149, 976–984.

## **2 – Decifrando os controles da diversidade de espécies arbóreas e as tendências fitogeográficas de florestas tropicais sazonalmente secas do bioma Cerrado**

**Resumo:** Nosso estudo tem o objetivo de avaliar a influência do ambiente (filtros ambientais) e da localização geográfica (estrutura espacial) sobre os padrões de diversidade (alfa e beta) e biogeográficos das florestas tropicais sazonalmente secas (FTSS) do Cerrado. Para tanto, usamos análises de agrupamento e ordenação, baseados na variação na composição e densidade de espécies arbóreas (composição florística-estrutural) para definir grupos fitofisionômicos (GF) entre 84 sítios amostrados. Registros de espécies georreferenciados em herbários foram utilizados para identificar as tendências biogeográficas das espécies indicadoras de cada GF. A rarefação e extrapolação dos números de Hill nos possibilitou determinar o número de espécies total (riqueza), raras e dominantes para cada remanescente e GF. Usamos análise de partição de variância, modelo aditivo generalizado e modelos lineares múltiplos para identificar a influência do ambiente e da estrutura espacial sobre os padrões de diversidade (alfa e beta). Revelamos a existência de oito GF de FTSS do Cerrado, que são controladas em 27% por variáveis ambientais estruturadas no espaço somados aos efeitos isolados de filtros ambientais e espaciais. A elevada disponibilidade de nutrientes dos solos foi a variável que mais contribuiu para a variação florística-estrutural. Verificamos que remanescentes de cinco grupos fitofisionômicos localizados nos contatos com a Mata Atlântica, Amazônia ou Caatinga podem ser considerados extensões de formações de biomas vizinhos, enquanto que remanescentes de três GF da área nuclear são relictos disjuntos de formações do bioma Cerrado. Maior riqueza e quantidade de espécies raras foram registradas no contato do Cerrado com o bloco norte da Mata Atlântica, enquanto que o menor número de espécies dominantes com elevada densidade (maior dominância ecológica) concentra-se nos remanescentes da área nuclear do Cerrado e nos contatos com a Caatinga e o bloco sul da Mata Atlântica. Nossos resultados reforçam os recentes achados sobre a elevada diversidade beta entre remanescentes de FTSS da região Neotropical, mesmo quando refinamos nossa escala para a parte central do Brasil. Assim, contribuímos elucidando padrões adicionais e em escala mais refinada aos existentes que podem guiar a revisão de políticas públicas dirigidas ao conjunto das fitofisionomias do Cerrado.

**Palavras-chave:** bioma, clima, ecótonos, região nuclear, solos.

## 2.1 – Introdução

A partir das duas últimas décadas aumentaram as pesquisas para decifrar os padrões fitogeográficos e de diversidade de Florestas Tropicais Sazonalmente Secas (FTSS) (e.g. Linares-Palomino *et al.* 2003, 2011, Neves *et al.* 2015, Dexter *et al.* 2015, Banda-R *et al.* 2016). Grande ênfase tem sido dada à região Neotropical, onde foi proposta a unidade fitogeográfica de FTSS (Prado 2000), no contexto da Teoria do Arco do Pleistoceno (TAP) de Prado & Gibbs (1993). Conforme essa teoria, os remanescentes de FTSS são relictos disjuntos de ampla e contínua floresta estabelecida na diagonal sul-americana de formações abertas (também conhecida como "diagonal seca" ou rota "Nordeste-Sudoeste") durante o último glacial máximo (UGM) (Bigarella *et al.* 1975). No entanto, o período de máxima expansão das FTSS na região Neotropical ainda é assunto bastante controverso (Ledru 2002, Collevatti *et al.* 2013), podendo ter ocorrido em distintos episódios glaciais (Mayle 2006, Bueno *et al.* 2016) e de forma bastante irregular, espacial e temporalmente (Werneck *et al.* 2011).

Desde a proposta da TAP, novos estudos têm analisado os padrões de distribuição de espécies de FTSS da região Neotropical sob diferentes contextos fitogeográficos (Linares-Palomino *et al.*, 2003, Bridgewater *et al.*, 2003, Spichiger *et al.*, 2004). A maioria das contribuições rejeita parcialmente a hipótese da existência da unidade de Floresta Tropical Sazonalmente Seca (FTSS) concebida com a TAP, e revelaram que a diversidade beta entre os remanescentes de FTSS neotropicais é mais alta do que o esperado ao acaso (Banda-R *et al.* 2016). Além disso, as espécies que embasaram a TAP representam uma pequena parte (< 1,5%) das 3.839 espécies reconhecidas atualmente nos núcleos florísticos de FTSS Neotropicais (Linares-Palomino *et al.* 2011). Existe complexo compartilhamento de espécies entre os núcleos florísticos de FTSS e variado número de espécies endêmicas em cada um deles (Banda-R *et al.* 2016).

O núcleo de FTSS do Cerrado está localizado entre as maiores áreas contínuas de florestas ombrófilas neotropicais (Amazônia e Mata Atlântica), assim como entre os maiores núcleos de formações semiáridas da América do Sul: a Caatinga, na parte tropical, e o Chaco na parte subtropical (Pennington *et al.* 2006). Assim, a flora unificada deste núcleo apresenta elevada afinidade florística com as FTSS dos núcleos vizinhos, em especial com Mata Atlântica (67% de similaridade), Caatinga Arbórea (Peri-Caatinga) (60%), Pantanal (54%) e Chiquitano Boliviano (46%) (Linares-

Palomino et al. 2011). No núcleo de FTSS do Cerrado ocorrem tanto FTSS associadas às temperaturas mais elevadas e similares florísticamente às FTSS dos núcleos da Caatinga e Chiquitano da Bolívia (grupo seco), quanto aquelas relacionadas a elevados níveis de precipitação anual média, que se agrupam florísticamente com as FTSS dos vales secos Inter andinos do núcleo Piedmont (grupo úmido) (Neves et al. 2015). Além da complexa conexão com os biomas vizinhos, os remanescentes de FTSS do núcleo Cerrado ocorrem em mosaico com formações predominantemente savânicas (Cerrado *sensu lato*).

Para esclarecer incertezas sobre as FTSS do Cerrado, a diversidade da flora arbórea merece abordagem integrativa não apenas pelo estudo da distribuição histórica das FTSS, mas também incluindo como diferentes formações de biomas tropicais e domínios de vegetação poderiam ter contribuído para a diversificação de linhagens de árvores nestas florestas. Aqui buscamos esclarecer algumas lacunas sobre a diversidade beta, os controles ambientais e espaciais e as tendências fitogeográficas dos diferentes tipos de FTSS situadas na área nuclear do Cerrado e nas faixas de transição e contatos com outros biomas do Brasil. Para tanto, analisamos apenas os remanescentes florestais de áreas de interflúvio ou encostas, sem influência da umidade do fundo dos vales para tratar das Florestas Estacionais ou Matas Secas (*sensu* Ribeiro & Walter 2008), denominadas na literatura internacional como Florestas Tropicais Sazonalmente Secas – FTSS (Neves *et al.* 2015, Dexter *et al.* 2015, Banda-R *et al.* 2016).

Nesse estudo objetivamos responder e esclarecer alguns questionamentos importantes para a conservação e manejo das FTSS do Cerrado: (i) Existem variações na composição florística-estrutural da vegetação arbórea entre os remanescentes de FTSS que ocorrem na área nuclear e em faixas de transição e contato do bioma Cerrado com Caatinga, Amazônia e Mata Atlântica, formando distintos grupos fitofisionômicos (GF)? (ii) Essas variações estão relacionadas com a proximidade entre os remanescentes, evidenciando a importância da estrutura espacial, ou com variações ambientais (temperatura, precipitação, relevo e substrato)? (iii) Existem relictos florestais do bioma Cerrado ou estes são formações oriundas de outros biomas? (iv) A variação no número de espécies total, raras, dominantes nos remanescentes segue o gradiente de diversidade latitudinal ou apresentam relação com outros fatores ambientais?

## 2.2 - Materiais e Métodos

### 2.2.1 - Área de estudo

Focamos nosso estudo em remanescentes de FTSS localizadas no Brasil Central e situadas entre as coordenadas 4° e 23° S de latitude e 57° e 41° W de longitude, na área *core* (nuclear) do Cerrado e nas faixas de transição e contato com outros três biomas brasileiros (Mata Atlântica, Amazônia e Caatinga). As florestas constituíam originalmente parcela significativa (cerca de 40%) da cobertura vegetal natural do Cerrado (Silva *et al.* 2006, Sano *et al.* 2008). Entre as florestas do Cerrado, as FTSS ocorrem predominantemente associadas aos ambientes geológicos de rochas carbonáticas e basálticas, das quais se desenvolvem solos com elevado pH e fertilidade natural (Oliveira Filho & Ratter 2002). No entanto, nas últimas seis décadas a região passou por mudanças socioeconômicas que levaram ao severo aumento na supressão da vegetação nativa, inclusive as formações florestais localizadas em relevo plano e solos mais férteis devido a agricultura e pecuária em larga escala e expansão das áreas urbanas (Sano *et al.* 2008). Há estimativas de que as FTSS representam 17% das formações vegetais do Brasil (Portillo-Quintero & Sanchez-Azoifeifa 2010) e que ocupavam cerca de 22% da área do bioma Cerrado, embora sua representatividade em unidades de conservação tenham baixa representatividade (< 5% da área das formações de FTSS do Cerrado).

Selecionamos remanescentes de FTSS, considerando apenas as Florestas Estacionais ou Matas Secas (*sensu* Ribeiro & Walter 2008). Diferente de outros estudos de fitogeografia das FTSS (Oliveira-Filho & Fontes 2000, Oliveira-Filho *et al.* 2006, Neves *et al.* 2015), nós excluimos da nossa base de dados: (i) Matas de Galeria e Ciliares, cuja ocorrência na paisagem está condicionada ao fundo dos vales úmidos e associada a corpos hídricos (Ribeiro & Walter 2008), e (ii) áreas de Cerradão, que representam a faixa de transição entre o Cerrado *sensu stricto* e as florestas do Cerrado (Ratter 1992, Solórzano *et al.* 2012).

Dessa forma, selecionamos 84 remanescentes de FTSS localizadas em áreas de interflúvio, encostas ou afloramentos de rocha caracterizados pela ausência de: (i) abundante estrato de gramíneas (ii) indícios de fogo recorrente, e (iii) predomínio de espécies arbóreas com características evolutivas de adaptação ao fogo (Simon & Pennington 2012). Abrangemos ampla gama de FTSS classificadas conforme o grau de deciduidade foliar no auge da estação seca (Ribeiro & Walter 2008): Floresta Estacional

Decídua (FED), Floresta Estacional Semidecídua (FES) e Floresta Estacional Sempre-Verde (FEV). As coordenadas geográficas, características climáticas, do relevo, edáficas e detalhes da amostragem, estrutura da vegetação e diversidade de espécies dos 84 sítios analisados são apresentadas no Material Suplementar 1.

As FED da nossa base de dados se concentram no nordeste de Goiás e sudeste de Tocantins (Bacia Hidrográfica do Rio Tocantins), no norte de Minas Gerais e oeste da Bahia (Bacia do Rio São Francisco) e ao sul do Piauí e do Maranhão (Bacia do Rio Parnaíba e Atlântico Nordeste Ocidental). De forma menos expressiva ocorrem na região noroeste de Minas Gerais (Bacia do Rio Paraná). Os remanescentes ocorrem sobre diversos tipos de solos, principalmente, derivados de rochas carbonáticas (associada ao relevo cárstico) e basálticas (associadas à derramamentos vulcânicos), e ocupam encostas de morro, afloramentos de rocha e áreas planas.

Os principais remanescentes de FES da nossa base de dados estão concentrados na Bacia do Rio Paraná, no sudoeste de Goiás (região conhecida como “Mato Grosso de Goiás”), no sudeste de Minas Gerais e interior de São Paulo, mas também nos estados do Mato Grosso e Tocantins (Bacia do Tocantins). De forma geral, ocupam posições distintas de terreno, desde encostas pouco inclinadas a terrenos planos. Desenvolvem-se sobre solos com teores médios de disponibilidade de nutrientes, que são superiores aos encontrados em áreas de Cerrado *sensu stricto* (Ruggiero *et al.* 2002), embora inferiores aos dos solos das áreas de FED (Felfili 2003). Parte dos sítios de FES está dentro dos limites oficiais do bioma Mata Atlântica, na Zona da Mata Mineira ou na região das Florestas de transição de São Paulo (Rizzini 1963). No entanto, todos os sítios nessa situação distam no máximo 50 km de áreas remanescentes de Cerrado *sensu stricto* e por esse motivo foram mantidas na base de dados.

Os remanescentes de FEV se concentram no Planalto dos Parecis (Mato Grosso), associado a sedimentos cretácicos e terciário-quadernários do bioma Amazônia (IBGE 2012) e se estendem, de forma disjunta, até as Depressões dos Rios Paraguai, Guaporé e Araguaia dentro do Cerrado nos estados de Mato Grosso e Tocantins (Bacia Hidrográfica do Rio Tocantins-Araguaia). Ocorrem sobre terrenos sedimentares quadernários e em algumas superfícies periféricas aplanadas (IBGE 2012). Ressalta-se que alguns remanescentes de FEV que ocorrem sobre Neossolo Quartzarênico, e apresentam alguns trechos decíduais, foram amostrados no norte do Tocantins, e ao sul do Maranhão e do Piauí, sendo designadas como Ecótono (Floresta Estacional

Decídua/Floresta Ombrófila) em estudos anteriores (IBGE 2012, Haidar *et al.* 2013) ou como áreas de carrasco (Oliveira-Filho *et al.* 2006). Parte dos sítios de FEV está dentro dos limites oficiais da Amazônia, nas foram inseridos na base de dados por ocuparem uma zona de transição entre o Cerrado e a Amazônia, com marcante sazonalidade climática.

### 2.2.2 - Bases de dados

A base de dados foi constituída por informações de composição florística e densidade (composição florística-estrutural) de espécies arbóreas, com diâmetro a altura do peito (DAP) > 5 cm, registradas em 84 sítios remanescentes de FTSS, localizadas no Cerrado. Consideramos os remanescentes como áreas contínuas de FTSS com mais de 10 ha. Os sítios amostrados foram delimitados preferencialmente em: (i) floresta aparentemente madura (> 30 anos sem corte raso), (ii) com baixo número de espécies pioneiras (e.g. *Cecropia* spp., *Trema* spp.) e; (iii) sem evidências de impacto humano recente (corte da vegetação e passagem de fogo). A classificação botânica seguiu o sistema *Angiosperm Phylogeny Group* (APG IV) e a nomenclatura e sinónimas botânicas foram revisadas com base na Lista de Espécies da Flora do Brasil (Flora do Brasil em construção 2020) utilizando o pacote *flora* (Carvalho 2016) no ambiente estatístico R (R Development Core Team 2015).

A base de dados geoambientais foi formada por 28 variáveis, sendo 19 variáveis bioclimáticas derivadas das médias mensais de temperatura e precipitação de uma série de 50 anos (1950 a 2000) (Hijmans *et al.* 2005). Incluímos ainda a variável bioclimática duração média do período de déficit hídrico extraída do diagrama de Walter (1985), a variável topográfica altitude foi obtida de imagens *Shuttle Radar Topography Mission – SRTM* (<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>). As coordenadas geográficas (latitude e longitude) dos remanescentes foram padronizadas usando o datum SAD 69. Adicionalmente, obtivemos valores médios de cinco variáveis relacionadas ao substrato (saturação de bases, pH, % areia, % silte e % argila) de análises de amostras compostas da camada superficial dos solo (0-20 cm), coletadas em 62 sítios. Essas mesmas variáveis foram obtidas para os demais 22 remanescentes utilizando a coordenada central dos sítios e copilando as informações disponíveis na HWSD (*Harmonized World Soil Database* - <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey>). Essa base de solos foi baseada no mapa detalhado de tipos de solo produzido pela Embrapa & IBGE (2003),

utilizando a Pesquisa de Solo do RadamBrasil dos anos 1970 e 1980 e os estudos de campo adicionais realizadas por ambas as agências governamentais.

A partir dos dados de composição florística e densidade absoluta ( $\text{ind.ha}^{-1}$ ) das espécies arbóreas de cada remanescente (composição florística-estrutural) e das variáveis ambientais nós preparamos três matrizes com as informações dos 84 sítios. Nomeamos as colunas da primeira matriz com as 1398 espécies e preenchemos as células com os dados de densidade absoluta ( $\text{ind.ha}^{-1}$ ) do total de 94.989 indivíduos amostrados. Na sequência aplicamos a análise de valores extremos (*outliers*), no PC-ORD versão 4.0 (ao nível de corte 2.0), para identificar e excluir amostras e espécies díspares das demais (McCune&Mefford2011). Com esse procedimento, removemos quatro espécies (*Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O.Grose, *Machaerium hirtum* (Vell.) Stellfeld, *Roupala montana* Aubl., *Schefflera morototoni* (Aubl.) Maguire, Steyerm. & Frodin) e nenhum sítio. Também excluimos as 697 espécies com registros em apenas um remanescente (*singletons*: frequência = 1) e as demais 37 espécies não determinadas em nível específico para reduzir o ruído e não comprometer os padrões de agrupamento (Leps & Smilauer 2003). A matriz final foi composta por 664 espécies e 90.620 indivíduos arbóreos amostrados.

Na segunda matriz nomeamos as colunas com as 26 variáveis ambientais, cuja escala de valores foi padronizada de acordo com o desvio padrão (média = 0 e variância = 1) (McCune & Grace 2002) e preenchemos as células com as informações padronizadas. Elaboramos a terceira matriz com as informações espaciais dos 84 sítios, representadas pela latitude e longitude do centro da amostra de cada remanescente.

### **2.2.3 - Determinação dos grupos fitofisionômicos e os gradientes indiretos**

Grupos Fitofisionômicos (GF) correspondem a subunidades de FTSS do núcleo do Cerrado (Mello *et al.* 2008). São definidos por remanescentes que compartilham espécies arbóreas com populações de densidades ( $\text{ind.ha}^{-1}$ ) similares. Determinamos os GF através da análise de agrupamento usando o método hierárquico aglomerativo por média (UPGMA - *unweighted pair group method with arithmetic mean*) (Dapporto *et al.* 2013). A similaridade utilizada no agrupamento das comunidades foi calculada pelo índice de Bray-Curtis no pacote *recluster* (Dapporto *et al.* 2013) e agrupamos a matriz de distância usando o pacote *cluster* (Rousseeuw *et al.* 2014), ambos no programa R (R Development Core Team 2015). Verificamos a significância do agrupamento com base

no nível de significância ( $p < 0,05$ ) e do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) da análise de variância não-paramétrica (PERMANOVA) da matriz de dissimilaridade explicada pelos GF no pacote *vegan* (Oksanen *et al.* 2013), com 999 permutações.

Realizamos o escalonamento multidimensional não métrico (NMDS - *non-metric multidimensional scaling*), com o pacote *vegan* (usando o índice de Bray-Curtis), para reduzir a dimensionalidade dos dados da vegetação (Dexter *et al.* 2015). NMDS é considerado um dos mais poderosos métodos indiretos de ordenação de dados comunitários (McCune & Grace 2002) e permite capturar padrões na composição e estrutura da vegetação sem restringir-se a um conjunto de preditores. Nós confirmamos a estabilidade dos resíduos nas fases finais do processo de iteração da NMDS para verificar a distorção na representação dos dados através do valor de *stress* (McCune & Grace 2002)

Em seguida, avaliamos a consistência dos GF através de ANOVAs baseadas em permutações usando os *scores* dos remanescentes nos eixos da NMDS como variáveis respostas (Borcard *et al.* 2011, Eisenlohr 2014). Como a ANOVA pode ser tendenciosa quando a autocorrelação espacial não é considerada (Legendre *et al.* 1990), obtivemos dois filtros espaciais significativos ( $p < 0,05$ ) pelo método MEM (*Moran's Eigenvector Maps*) (Dray *et al.* 2006), no pacote '*spacemaker*' do programa R (R Development Core Team 2015). Os filtros espaciais ou preditores espaciais foram representados pelos autovetores com valores próprios positivos extraídos da matriz de distância (Dray *et al.* 2006). Esses filtros expressam a estrutura espacial da área de estudo em diferentes escalas espaciais e podem ser utilizados como preditores em análises de regressão múltipla e parcial, levando em consideração a autocorrelação espacial (Diniz-Filho & Bini 2005).

Realizamos regressões múltiplas, com os *scores* do primeiro e segundo eixos da NMDS como variáveis respostas e dois filtros espaciais como variáveis predictoras (Eisenlohr & Oliveira-Filho 2015) para descontamos o efeito da estrutura do espaço, em relação à distância geográfica entre os remanescentes (autocorrelação espacial). Consideramos os resíduos dessas regressões como variáveis respostas da ANOVA baseada em permutações para controlar a inflação do erro de tipo I (Peres-Neto & Legendre 2010). Ao confirmar diferenças entre os GF (valor de F e teste  $p$  de significância), aplicamos o teste *post-hoc* de Tukey para verificar a comparação pareada entre os grupos (Eisenlohr & Oliveira-Filho 2015), por meio da função '*aov*' do pacote '*car*' do programa R (R Development Core Team 2015).

#### **2.2.4 - Influência do ambiente e do espaço na composição florística-estrutural**

Obtivemos a contribuição relativa dos componentes espaciais e ambientais na explicação da variação na composição florística-estrutural da vegetação através da partição da variância com base em filtros espaciais (MEM's – descritos no item 2.3) e ambientais (variáveis climáticas, do relevo e edáficas) seguindo a rotina proposta por Dray *et al.* (2012), Legendre *et al.* (2012) e Eisenlohr (2014), usando os pacotes *spacemaker*, *packfor* (Dray *et al.* 2009), *vegan* (Oksanen *et al.* 2013) e *spdep* (Bivand 2013) do programa R (R Development Core Team 2015). Antes de efetuar a análise, realizamos: (i) a remoção de singletons (frequência = 1) para diminuir os resíduos; (ii) a transformação de Hellinger dos dados de densidade das 664 espécies nos 84 sítios (Legendre & Gallagher, 2001) para padronizar a densidade (relativo à densidade da vegetação dos sítios); (iii) a preparação de duas análises de redundância (RDA), uma para espécies e variáveis ambientais e outra para espécies e filtros espaciais (MEM's – definidos na secção 2.3); (iv) seleção progressiva de variáveis ambientais e espaciais (*forward selection*) e (v) removemos as colinearidades entre variáveis independentes para aumentar a confiabilidade das inferências baseadas no modelo de regressão. A análise de partição de variância produziu as frações da variação total explicada exclusivamente pelos componentes ambientais e espaciais, bem como as frações explicadas por combinações inseparáveis destes dois componentes. Por fim, testamos a significância das três frações usando ANOVAs à base de permutação. Todos os procedimentos acima foram realizados conforme as recomendações de Eisenlohr (2014).

#### **2.2.5 - Efeito das variáveis ambientais sobre os grupos fitofisionômicos**

Usamos modelos aditivos generalizados (GAM – *generalized additive models*), por meio da função '*ordisurf*' do pacote '*vegan*' (Oksanen *et al.* 2013) do programa R (R Development Core Team 2015), para determinar o efeito de cada variável ambiental selecionada na partição de variância em relação ao gradiente de composição florística-estrutural das comunidades (detectado pelo NMDS) (Oksanen *et al.* 2013). Nesses modelos cada variável independente adota uma soma de funções não paramétricas de formato não específico, que é estimada a partir de curvas de suavização, e a forma de associação entre as variáveis é definida pelos próprios dados (Oksanen *et al.* 2013). O ajuste do modelo foi determinado baseado na percentagem de desvio explicado (uma generalização do R<sup>2</sup>) (Oksanen *et al.* 2013). Plotamos as curvas de suavização no

diagrama da NMDS para facilitar a interpretação dos efeitos do ambiente sobre os GF. Testamos as diferenças de cada variável selecionada entre os GF através de ANOVA baseadas em permutações, por meio da função ‘*aov*’ do pacote ‘*car*’ do programa R (R Development Core Team 2015). Por fim, verificamos a relação de cada variável com os *scores* dos dois primeiros eixos da NMDS através do teste de correlação de Pearson (Beigelman 1996), por meio da função ‘*cor.test*’ do pacote ‘*vegan*’ (Oksanen *et al.* 2013) do R (R Development Core Team 2015).

### **2.2.6 - Padrões fitogeográficos e de endemismo dos grupos fitofisionômicos**

Obtivemos cerca de 279.500 registros georreferenciados em herbários disponíveis no *Species-Link* website (<http://splink.cria.org.br>) das espécies identificadas na nossa base de dados, após revisão cautelosa das incertezas geográficas. Para tanto, excluimos todos os registros baseados em coordenadas centrais dos municípios brasileiros. Esses registros foram cruzados com os limites dos biomas brasileiros (MMA 2006) e obtivemos o número de registros nos biomas para cada espécie. Adicionalmente, conferimos a distribuição de todas as espécies para ecossistemas da região Neotropical (Chaco, Andes, América Central e Pacífico), acessando o NeoTropTree (Oliveira-Filho 2014). Combinado com essas informações, usamos o site da Lista de Espécies da Flora do Brasil (Flora do Brasil em construção 2020) para definir as espécies endêmicas do Cerrado que compõe a nossa base de dados.

Para tornar a análise das tendências de distribuição das espécies nos biomas mais parcimoniosas e diminuir a interferência de possíveis erros da base de dados (identificação ou localização geográfica), determinamos as espécies mais importantes (baseadas na densidade e frequência) dentro de cada GF através da análise de espécies indicadoras (ISA – *Indicator Species Analysis*) (Dufrêne & Legendre 1997). ISA utiliza a combinação de informações sobre a concentração de abundância de uma espécie em determinado GF e a fidelidade da ocorrência dessa espécie em outros GF. Valores Indicativos (IndVal) foram calculados para as espécies dentro de cada grupo e testados estatisticamente pelo teste de Monte Carlo, de forma a diferenciá-lo do acaso. Por fim, o método testa o significado ecológico de cada espécie, com um nível de significância  $\alpha = 0,05$  (Legendre & Legendre 1998).

Obtivemos medidas de tendências centrais dos registros de frequência nos biomas das espécies com valor indicativo (IndVal)  $\geq 0,33$  e significado ecológico ( $p < 0,05$  no teste de Monte Carlo) de cada GF. Usamos o limite de corte (IndVal  $\geq 0,33$ )

referente a espécie de menor valor indicativo (IndVal) e com significativo ecológico dentro do grupo com menor número de espécies indicadoras. Adotando esses critérios, usamos o método de *bootstrap* com: (i) 999 aleatorizações; (ii) sorteando sem reposição 10 espécies em cada aleatorização (número mínimo de espécies indicadoras por GF foi 15 espécies); e (iii) sorteando 50% dos registros de cada espécie em cada aleatorização. Em seguida, realizamos análises de variância da frequência de registros nos biomas para cada GF e aplicamos o test *post-hoc* de Tukey, por meio da função ‘*aov*’ do pacote ‘*car*’ do programa R (R Development Core Team 2015).

### **2.2.7 - Diversidade de espécies arbóreas e seus controles ambientais e espaciais**

Estimamos a riqueza, número de espécies raras e o número de espécies dominantes com curvas de rarefação e extrapolação dos três primeiros números de Hill:  $q=0$  (riqueza de espécies),  $q=1$  (diversidade de Shannon) e  $q=2$  (diversidade de Simpson), respectivamente (Chao *et al.* 2014). Riqueza consiste no número de espécies por unidade de área. A diversidade de Shannon é um índice não-paramétrico de medida de diversidade de espécies baseado na abundância proporcional das espécies, que dá maior peso as espécies raras. O índice de Simpson é uma medida principalmente de dominância que dá maior peso as espécies comuns. Esta abordagem permite a comparação dos dados de diferentes comunidades no tempo e espaço, pois as amostras são padronizadas a um mesmo tamanho (de área ou número de indivíduos medidos) (Chao *et al.* 2014). Nossas amostras foram padronizadas em função do número de indivíduos medidos. As curvas são geradas com intervalos de confiança a 95% obtidos pelo método de *bootstrap*, facilitando a comparação de múltiplas comunidades de amostras rarefeitas e extrapoladas (Chao *et al.* 2014).

Realizamos análises em duas escalas baseadas no número de indivíduos medidos: (i) entre 84 remanescentes e (ii) entre os oito grupos fitofisionômicos, seguindo as rotinas e funções propostas por Chao *et al.* (2014), através do pacote ‘iNEXT’ (versão 2.0; Hsieh & Chao 2014), no R (R Development Core Team 2015). As matrizes de densidade de indivíduos nas duas análises foram construídas com dados de densidade absoluta ( $\text{ind.ha}^{-1}$ ) das espécies em todos os remanescentes relativizando-as à área total das amostras realizadas nos remanescentes (0,4 a 8 ha). Os valores da curva dos três números de Hill dos remanescentes e dos GF foram comparados com o dobro

da quantidade de indivíduos dos remanescentes e do GF de menor densidade (Chao *et al.* 2014).

Usamos modelos lineares múltiplos para verificar os efeitos das variáveis ambientais e da estrutura espacial sobre a diversidade de espécies arbóreas dos remanescentes de FTSS do Cerrado. Seguindo as recomendações de Eisenlohr (2014) realizamos, inicialmente, a seleção progressiva das variáveis ambientais e dos filtros espaciais (através da função “*forward selection*” do pacote “*packfor*”), após padronizar todas as variáveis (média = 0 e desvio padrão = 1). Checamos a multicolinearidade das variáveis ambientais selecionadas usando o valor de corte de 10 para o fator de inflação da variância (VIF – *Variance Inflation Factor*) (Eisenlohr 2014). Em seguida, realizamos uma análise de componentes principais (PCA) para verificar e excluir, se necessário, variáveis ambientais redundantes. Removemos as colinearidades entre variáveis independentes para aumentar a confiabilidade das inferências baseadas no modelo (Eisenlohr 2014).

Verificamos o desempenho dos modelos lineares múltiplos através do coeficiente de correlação ajustado ( $R^2$  adj, ver Nakagawa & Schielzeth 2013), o teste F (em relação ao modelo nulo) e o teste de significância (valor de  $p$ ). Verificamos a importância das variáveis ambientais e filtros espaciais selecionados na explicação dos modelos dos três números de Hill comparando os valores dos coeficientes ( $\beta_0$  – valor do intercepto ou coeficiente linear), ao nível de significância  $\alpha= 0,05$  (Zar 1999). Variáveis ambientais e filtros espaciais não significativos foram excluídos dos modelos através da comparação automática dos valores de Akaike por meio da função “*boot.stepAIC*” (Eisenlohr 2014). Examinamos a dispersão dos resíduos para verificar as premissas da (i) linearidade, (ii) normalidade, (iii) homocedasticidade e (iv) independência dos erros, além de checar a estrutura de dispersão das variáveis selecionadas em relação aos resíduos (Zar 1999). Por fim, realizamos um teste de correlação de Pearson para verificar a relação e significância entre as variáveis preditoras e explicativas dos modelos. Realizamos os procedimentos acima usando a função “*lme*” do pacote “*nlme*” (Pinheiro *et al.* 2011) no R (R Development Core Team 2015).

## 2.3 - Resultados

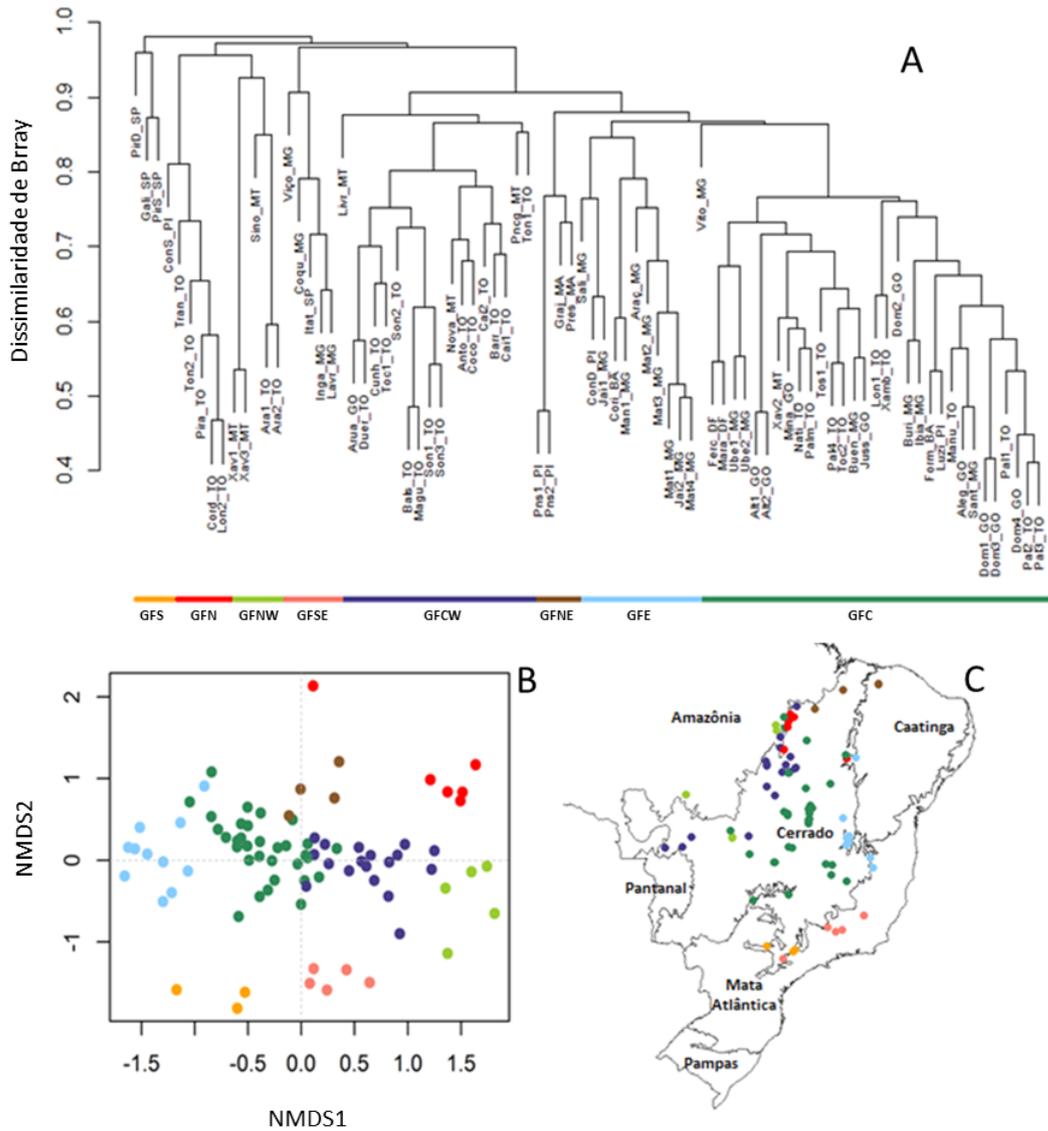
### 2.3.1 - Grupos fitofisionômicos de FTSS do bioma Cerrado

Com o agrupamento dos 84 sítios obtido no nível de dissimilaridade de 0,90 identificamos oito GF (Figura 2.1A), que se diferiram significativamente (PERMANOVA:  $F = 5,23$ ,  $p = 0,001$ ,  $R^2 = 0,32$ ). A correlação entre a matriz cofenética e a original foi alta (0,83) e significativa (teste de Mantel:  $p = 0,01$ ), confirmando a confiabilidade das divisões do agrupamento. Na área nuclear do Cerrado se concentraram os remanescentes de FES do GF Centro-Oeste (GFCW) e as FED do GF Centro (GFC). Na borda leste e nordeste, junto aos limites da Caatinga, agruparam-se os remanescentes de FES do GF Nordeste (GFNE) e as FED do GF Leste (GFE). Nas áreas de transição do Cerrado com a Mata Atlântica reuniram-se os remanescentes de FES e FED do GF Sul (GFS) e as FES do GF Sudeste (GFSE) (Figura 2.1C). Na borda do Cerrado com o sul da Amazônica se concentraram os remanescentes de FES e FEV do GF Norte (GFN) e do GF Noroeste (GFNW) (Figura 2.1C).

A ordenação NMDS com solução bidimensional precisou de 12 iterações para gerar valor de *stress* de 0,1784. Esse valor está dentro da faixa considerada como resultado satisfatório (McCune e Grace 2002). O primeiro eixo da NMDS (Figura 2.1B) foi eficaz na separação dos remanescentes do GFE, no lado esquerdo do espaço de ordenação, dos remanescentes dos GFN e GFNW, no lado oposto. O segundo eixo de ordenação representou o gradiente que dispôs os remanescentes dos GFS e do GFSE na parte de baixo e a maioria dos remanescentes do GFNE e do GFN na parte superior do espaço de ordenação. Por outro lado, os remanescentes de GFC e GFCW ficaram centralizados no diagrama em relação a ambos os eixos de ordenação e apresentaram substituição gradual de espécies entre seus remanescentes (Figura 2.1B).

A partir da distribuição geográfica desses agrupamentos assumimos que fatores espaciais controlam a diferenciação na composição florística-estrutural dos remanescentes entre os GF de FTSS do Cerrado (Fig 1.1C). No entanto, mesmo após considerar a autocorrelação espacial nos *scores* da NMDS, os GF diferiram significativamente (NMDS1:  $F = 11,07$ ,  $p < 0,0001$ ; NMDS 2:  $F = 2,63$ ;  $p = 0,017$ ). No primeiro eixo da NMDS, as comparações pareadas revelaram diferenças não significativas entre GFS, GFE, GFC e GFCW, assim como entre GFSE, GFNW e GFN, formando dois blocos com diferenças significativas, e ainda que o GFNE não foi

significativamente distinto de ambos os grupos (Tabela 2.1). No segundo eixo da NMDS não houve diferenças significativa entre os pares.



**Figura 2.1** – (A) Análise de agrupamento (UPGMA – Índice de Bray-Curtis) e (B) Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) de (C) 84 remanescentes de Floresta Estacional, divididos em oito Grupos Fitofisionômicos (GF) com base na UPGMA e NMDS, dentro dos limites e nas transições do Cerrado com a Caatinga, Mata Atlântica e Amazônia. As legendas dos códigos dos sítios e suas características ambientais estão no Material Suplementar 1. GFS = Grupo Fitofisionômico Sul (laranja), GFSE = Grupo Fitofisionômico Sudeste (salmão), GFN = Grupo Fitofisionômico Norte (vermelho), GFNW = Grupo Fitofisionômico Noroeste (verde claro), GFNE = Grupo Fitofisionômico Nordeste (marrom), GFE = Grupo Fitofisionômico Leste (azul-claro); GFCW = Grupo Fitofisionômico Centro-Oeste (azul-escuro), GFC = Grupo Fitofisionômico Centro (verde-escuro).

**Tabela 2.1** – Média ( $\pm$  desvio padrão) dos scores da NMDS e das variáveis ambientais selecionadas, riqueza total observada (S obs.) e os resultados do teste *post-hoc* para verificar as diferenças na ordenação e variáveis ambientais entre os oito Grupos Fitofisionômicos (GF) de florestas estacionais do bioma Cerrado e suas áreas de transição com Caatinga, Mata Atlântica e Amazônia. (N) indica o número de remanescentes de cada GF incluído no estudo. Diferentes letras na mesma coluna indicam diferenças significativas ( $p \leq 0.05$ ).

GF	NMDS1	NMDS2	S obs.	Saturação de bases (%)	Precipitação anual média (mm)	Temperatura do trimestre mais seco (°C)	Precipitação do trimestre mais seco (mm)	Altitude (m)	Duração da estação de seca (dias)
GFE (11)	-1,34 <sub>a</sub> (0,24)	-1,67 <sub>a</sub> (0,40)	341	71,66 <sub>a</sub> (12,62)	845,5 <sub>c</sub> (59,09)	22,43 (1,18) <sub>b</sub>	7,46 (5,86) <sub>c</sub>	482 (55) <sub>cd</sub>	196 (21) <sub>a</sub>
GFS (3)	-0,77 <sub>a</sub> (0,35)	1,12 <sub>a</sub> (0,12)	125	59,67 <sub>ab</sub> (20,79)	1270 <sub>b</sub> (32,90)	17,58 (0,30) <sub>c</sub>	104,8 <sub>a</sub> (21,50)	570 (56) <sub>abc</sub>	60 (30) <sub>d</sub>
GFC (32)	-0,35 <sub>a</sub> (0,33)	-0,46 <sub>a</sub> (0,38)	455	72,21 <sub>a</sub> (16,15)	1399,03 <sub>b</sub> (211,77)	23,49 (2,38) <sub>b</sub>	26,28 <sub>bc</sub> (18,82)	524 (171) <sub>b</sub>	147 (14) <sub>bc</sub>
GFNE (4)	0,13 <sub>ab</sub> (0,23)	-1,45 <sub>a</sub> (0,27)	160	26,56 <sub>bc</sub> (23,12)	1413 <sub>ab</sub> (85,43)	26,95 (0,89) <sub>a</sub>	42,53 (8,68) <sub>b</sub>	192 (44) <sub>d</sub>	180 (35) <sub>ab</sub>
GFSE (5)	0,3 <sub>b</sub> (0,23)	-0,06 <sub>a</sub> (0,11)	379	26,9 <sub>bc</sub> (8,58)	1374,4 <sub>b</sub> (175,9)	17,52 (1,01) <sub>c</sub>	70,23 <sub>ab</sub> (30,24)	826 (272) <sub>a</sub>	126 (54) <sub>c</sub>
GFCW (18)	0,62 <sub>a</sub> (0,36)	0,84 <sub>a</sub> (0,28)	479	32,48 <sub>bc</sub> (21,65)	1732 <sub>a</sub> (220,4)	25,34 (1,71) <sub>a</sub>	39,98 <sub>b</sub> (18,43)	322 (154) <sub>cd</sub>	132(18) <sub>c</sub>
GFN (6)	1,22 <sub>b</sub> (0,56)	0,08 <sub>a</sub> (0,52)	203	15,55 <sub>c</sub> (10,24)	1556 <sub>ab</sub> (363,2)	25,54 (0,72) <sub>a</sub>	58,60 (30,4) <sub>b</sub>	372 (191) <sub>bcd</sub>	130 (24) <sub>c</sub>
GFNW (5)	1,58 <sub>b</sub> (0,21)	0,14 <sub>a</sub> (0,34)	285	28,54 <sub>bc</sub> (25,67)	1654,2 <sub>ab</sub> (139,75)	24,85 (1,34) <sub>ab</sub>	44,76 <sub>b</sub> (28,98)	255 (51) <sub>cd</sub>	138 (16) <sub>bc</sub>

### 2.3.2 - Efeitos do ambiente e do espaço sobre a composição florística-estrutural

Com base na análise de partição de variância constatamos que a variação na composição florística-estrutural dos remanescentes explicada pelos preditores espaciais foi baixa (R ajust. = 9%,  $F = 1,80$ ,  $p = 0,005$ ), embora apresente o dobro da fração explicada pelo conjunto de preditores ambientais (R ajust. = 5%,  $F = 1,69$ ,  $p = 0,005$ ). A fração compartilhada pelo espaço e ambiente (R ajust. = 13%,  $F = 1,15$ ,  $p = 0,005$ ) prevaleceu sobre a fração exclusiva dos dois conjuntos de preditores. Os resíduos, no entanto, representaram 73% da variação não explicada ( $F = 1,80$ ,  $p = 0,005$ ).

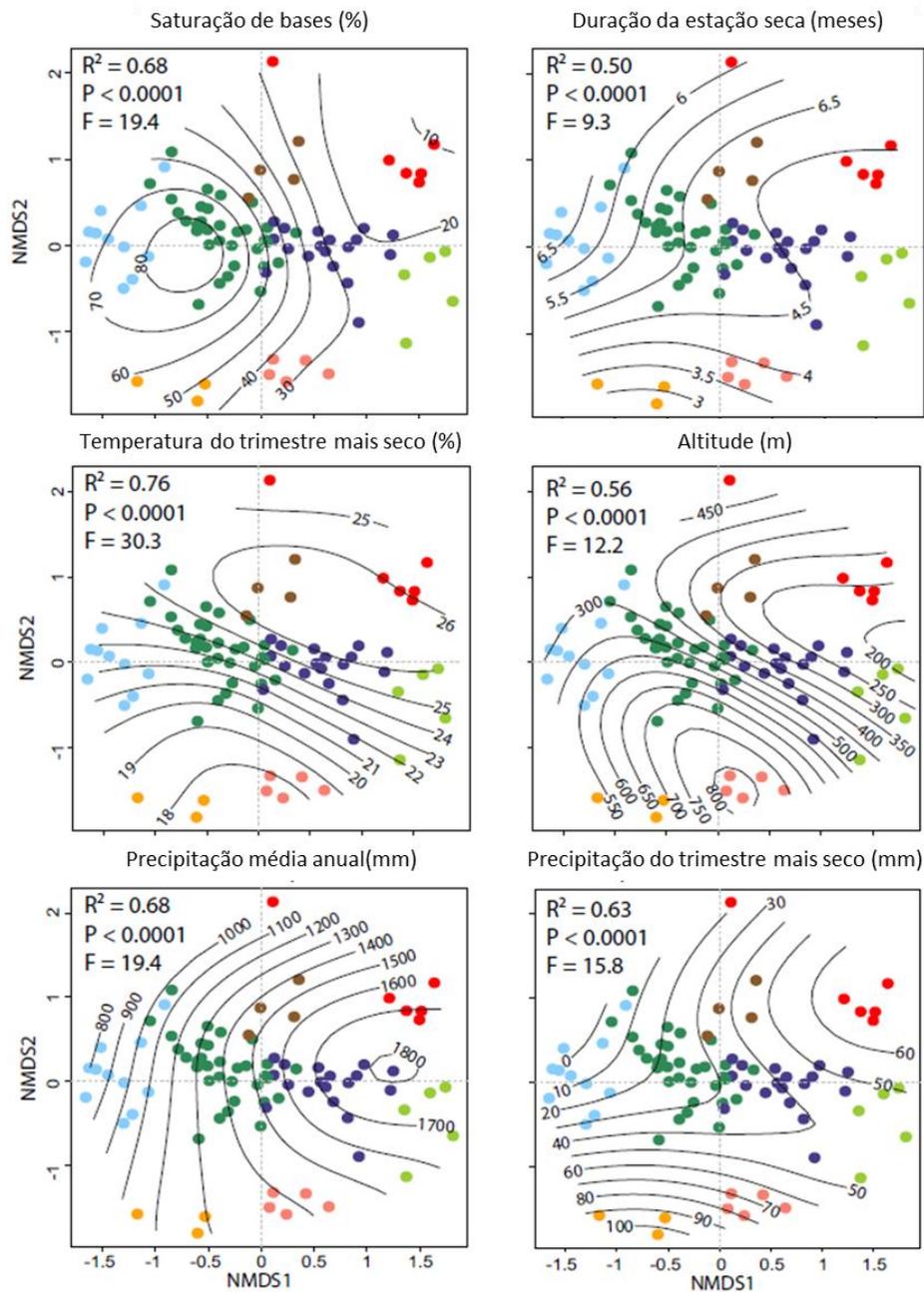
A saturação de bases (S) foi a variável preditora mais significativa (maior valor de  $F = 7,59$ ,  $p = 0,001$ ), mas explicou pouco (R ajust. = 7,36%) as variações na composição florística-estrutural, assim como o percentual explicado individualmente pelos filtros espaciais (e.g., R ajust. = 4,37%,  $F = 4,78$ ,  $p = 0,001$  para MEM1 e R ajust. 4,21%,  $F = 4,80$ ,  $p = 0,001$  para MEM2). Entre as variáveis climáticas, a precipitação anual média foi a que mais explicou a variação dos dados (R ajust. = 3,62%,  $F = 4,34$ ,  $p = 0,001$ ), enquanto a temperatura média do trimestre mais seco apresentou contribuição um pouco menor (R ajust. = 3,06%,  $F = 3,88$ ,  $p = 0,001$ ). A duração da estação seca também foi significativa e importante (R ajust. = 0,15%,  $F = 2,46$ ,  $p =$

0,001), assim como o nível de elevação do terreno representado pela altitude em relação ao nível do mar ( $R$  ajust. = 0,09%,  $F = 1,90$ ,  $p = 0,001$ ). A precipitação média do trimestre mais seco foi a variável significativa que menos contribuiu na explicação da variação dos dados ( $R$  ajust. = 0,08%,  $F = 1,83$ ,  $p = 0,001$ ).

### **2.3.3 - Contribuições dos filtros ambientais na composição florística-estrutural**

As contribuições dos preditores ambientais na distinção dos grupos fitofisionômicos foram de baixa intensidade, porém significativas (Tabela 2.2), atingindo 17,44% quando consideramos a fração estruturada no espaço. Os modelos aditivos generalizados revelaram que todos os preditores selecionados se ajustaram em mais de 50% ao gradiente da composição florística-estrutural representado no diagrama do NMDS (Tabela 2.2 e Figura 2.2).

Os remanescentes da área nuclear do Cerrado (GFC) e do contato do Cerrado com a Caatinga (GFE), no lado esquerdo do primeiro eixo da NMDS (Figura 2.2), são associados a maior disponibilidade de nutrientes dos solos (elevada saturação de bases) e às zonas climáticas com os menores níveis de precipitação (anual média e no trimestre mais seco do ano) (Figura 2.2 e Tabela 2.2). No lado oposto (direto) desse gradiente, sobressaem-se os remanescentes dos grupos GFCW, GFN e GFNW associados aos solos com menor disponibilidade de nutrientes na zona de contato do Cerrado com a Amazônia, onde são registrados os maiores índices de precipitação (anual média e no trimestre mais seco do ano).



**Figura 2.2** – Curvas de suavização obtidas através dos modelos aditivos generalizados (GAM) das variáveis ambientais selecionadas em relação aos dois primeiros eixos do diagrama do Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS). Valores de fatores abióticos são exibidos dentro de cada gráfico. As curvas de ajuste são úteis para observar a relação não-linear entre eixos do NMDS e variáveis ambientais e climáticas. GFS = Grupo Fitofisionômico Sul (laranja), GFSE = Grupo Fitofisionômico Sudeste (salmão), GFN = Grupo Fitofisionômico Norte (vermelho), GFNW = Grupo Fitofisionômico Noroeste (verde claro), GFNE = Grupo Fitofisionômico Nordeste (marrom), GFE = Grupo Fitofisionômico Leste (azul-claro); GFCW = Grupo Fitofisionômico Centro-Oeste (azul-escuro), GFC = Grupo Fitofisionômico Centro (verde-escuro).

Os remanescentes dos grupos GFS e GFSE, dispostos na parte de baixo do gradiente do segundo eixo da NMDS (Figura 2.2), estão associados às temperaturas mais baixas e aos menores déficits hídricos no auge da estação seca, ocupando as áreas de maior altimetria no contato entre os biomas Cerrado e da Mata Atlântica (Tabela 2.2). No extremo oposto do gradiente do segundo eixo da NMDS, os remanescentes do GFNE estão associados às baixas altitudes no prolongamento setentrional do nordeste do Cerrado onde são registrados os valores mais elevados de temperatura no auge da estação seca.

**Tabela 2.2** – Variáveis ambientais selecionadas para avaliar os controles do ambiente sobre a composição florística-estrutural em florestas estacionais do bioma Cerrado. As variáveis estão ordenadas pelos coeficientes de determinação ajustado ( $R^2$  adj.) e valores de  $F$  e  $p$  da análise de partição de variância. Fator de inflação da variância (VIF), obtido através do valor de r-quadrado da regressão de uma variável em relação às demais variáveis explicativas. Coeficiente de correlação de Pearson (cor. Pearson) de cada variável com o primeiro e segundo eixos da MNDS; valor não significativo (ns); não significativo. Coeficiente de determinação ( $R^2$  adj.), seguido pelos desvios explicados (DE) pelos modelos aditivos generalizados para cada variável selecionada, e a estatística dos modelos:  $\beta$  = intercepto do modelo; SE = erro padrão;  $t$  = valor do teste  $t$ ;  $p$  = teste de significância do modelo.

Preditores Ambientais	Partição de variância				cor. Pearson		GAM					
	$R^2$ adj.	F	p	VIF	NMDS1	NMDS2	$R^2$ adj	DE (%)	$\beta$	SE	$t$	$p$
Saturação de bases	0,0736	7,59	0,001	1,4	-0,71	ns	0,68	70,4	51,66	1,72	29,95	<0,001
Precipitação anual média	0,0363	4,34	0,001	2,16	0,73	ns	0,68	70,6	1418,88	20,38	69,63	<0,001
Temperatura do trimestre mais seco	0,0306	3,88	0,001	3,37	0,32	0,7	0,76	78,6	23,57	0,15	154,1	<0,001
Precipitação do trimestre mais seco	0,0089	1,84	0,001	2,71	0,44	-0,41	0,63	66,5	36,35	1,87	19,48	<0,001
Altitude	0,0154	2,46	0,001	2,56	-0,33	-0,42	0,56	60,6	452,29	14,84	30,47	<0,001
Duração da estação de seca	0,0096	1,9	0,001	2,57	-0,44	0,38	0,5	54,5	146	2,66	54,76	<0,001

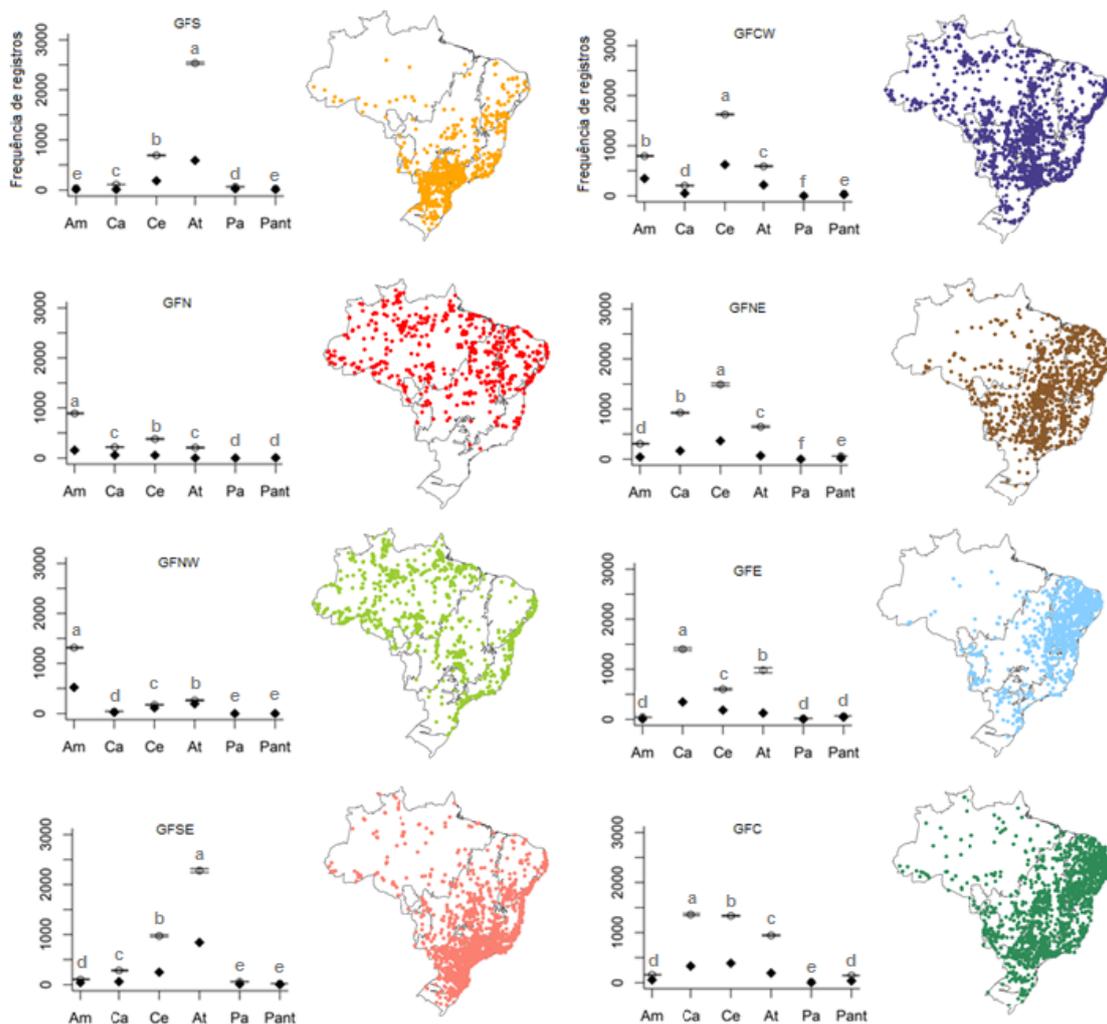
### 2.3.4 - Tendências fitogeográficas das principais espécies arbóreas

Nossa avaliação da variação das tendências fitogeográficas dos GF determinou diferenças significativas na distribuição geográfica das principais espécies indicadoras. A ISA revelou que 289 espécies do total de 664 utilizadas nas análises foram significativamente indicadoras dos GF, sendo: 15 espécies significativas para o GFC, 20 para GFCW, 26 para GFNW, 26 para GFNE, 27 para GFN, 31 para GFS, 39 para GFE e 105 para o GFSE (Tabela 2.3, Material Suplementar 2).

Nos grupos GFS e GFSE há maior representatividade de registros na Mata Atlântica (Figura 2.3) e parte das espécies indicadoras de ambos os grupos são encontradas no Cerrado. Por outro lado, as espécies indicadoras dos grupos GFN e GFNW apresentam a maior parte dos registros na Amazônia (Figura 2.3). Para o GFN esses registros também se destacam no Cerrado, no bloco norte da Mata Atlântica e na Caatinga, enquanto que no GFNW se concentram nos ecossistemas costeiros dos blocos sul e norte da Mata Atlântica e também no Cerrado.

Para as espécies indicadoras dos grupos GFE e GFC, determinamos o predomínio de registros na Caatinga (Figura 2.3). Para o GFE também há elevada representatividade de registros na Mata Atlântica (em especial no bloco norte) e na parte leste do Cerrado (Figura 2.3). Para as espécies indicadoras do GFC verificamos fortes conexões entre Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e arredores do Pantanal. Em ambos os grupos fitofisionômicos há interpenetrações de algumas espécies nos Pampas. Ressalta-se que no GFC ocorreu registro de cinco espécies consideradas endêmicas do Cerrado: *Bursera pereirae* Daly, *Callisthene mollissima* Warm., *Erioteca pubescens* (Mart. & Zucc.) Schott & Endl., *Persea fusca* Mez e *Luetzelburgia praecox* (Harms ex Kuntze) Harms .

Os grupos GFCW e GFNE apresentaram 55% a 58%, respectivamente, dos registros de frequência das espécies indicadoras nos limites do Cerrado. Para o GFCW há elevada representatividade de registros secundários na Amazônia (22% dos registros) e Mata Atlântica (13%), enquanto no GFNE esses registros secundários se estendem para a Caatinga (20%) e Mata Atlântica (15%). No GFCW foram registradas seis espécies endêmicas, sendo três delas (*C. mollissima* Warm., *P. fusca* Mez e *L. praecox* (Harms ex Kuntze) Harms) compartilhadas com o GFC e outras três exclusivas: *Stryphnodendron fissuratum* E.M.O.Martins, *Clusia burchellii* Engl. e *Diospyrus coccolobifolia* Mart. ex Miq.



**Figura 2.3** – Box-plot com média (círculo aberto) e intervalo de confiança (barras) da frequência de registros das espécies indicadoras nos oito Grupos Fitofisionômicos (GF) gerados por meio do bootstrap. O mapa representa a distribuição geográfica dos registros das 10 espécies indicadoras sorteadas em uma das 999 aleatorizações, cujo número de registros nos limites dos seis biomas brasileiros (MMA 2006) está representado pelo círculo preto no gráfico. Am = Amazônia; Ca = Caatinga; Ce = Cerrado; At = Atlântico; Pa = Pampas; Pant = Pantanal. Diferentes letras no mesmo GF indicam diferenças significativas ( $p \leq 0.05$ ) no número de registros dos biomas. GFS = Grupo Fitofisionômico Sul (laranja), GFSE = Grupo Fitofisionômico Sudeste (salmão), GFN = Grupo Fitofisionômico Norte (vermelho), GFNW = Grupo Fitofisionômico Noroeste (verde claro), GFNE = Grupo Fitofisionômico Nordeste (marrom), GFE = Grupo Fitofisionômico Leste (azul-claro); GFCW = Grupo Fitofisionômico Centro-Oeste (azul-escuro), GFC = Grupo Fitofisionômico Centro (verde-escuro).

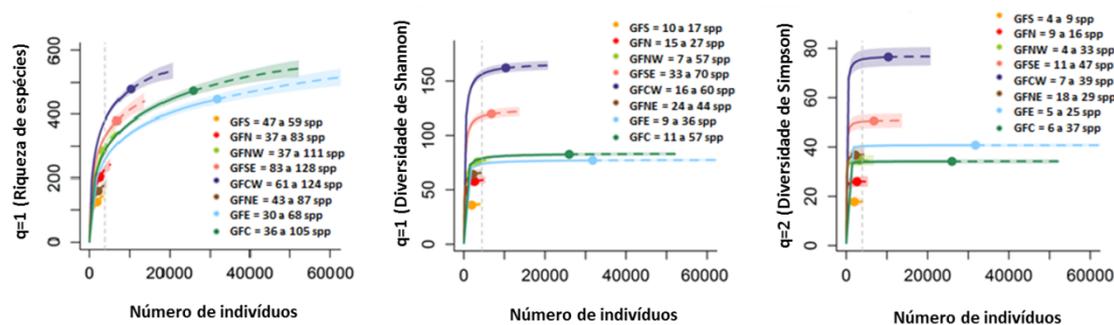
**Tabela 2.3** – Dez espécies arbóreas ( $DAP \geq 5$  cm) com maior valor indicador (indval) nos oito grupos fitofisionômicos (GF) de florestas tropicais sazonalmente secas do Cerrado, obtidos na Análise de Espécies Indicadoras (ISA). Para cada espécie é fornecido o número de registros nos biomas Amazônia (Amaz.), Caatinga (Caat.), Cerrado (Cerr.), Mata Atlântica (Atlã.), Pampas (Pamp.) e Pantanal (Pant.) provindos do banco de dados do *Species-Link*, assim como a presença (+) em outros ecossistemas Neotropicais, acessadas no NeoTropTree: Chaco (Chac.), Andes (Ande.), Costa do Pacífico (Paci.) e América Central (Meso.)

Nome científico	Familia botânica	ISA			Species-Link						NeoTropTree			
		GF	indval	pval	Amaz.	Caat.	Cerr.	Atlã.	Pamp.	Pant.	Chac.	Ande.	Paci.	Meso.
<i>Metrodorea nigra</i> A.St.-Hil.	Rutaceae	GFS	0,998	0,001	7	6	117	529	-	-				
<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna	Malvaceae	GFS	0,967	0,001	15	3	55	147	4	2	+	+		
<i>Trichilia catigua</i> A.Juss.	Meliaceae	GFS	0,816	0,002	6	3	159	252	4	18		+		
<i>Terminalia triflora</i> (Griseb.) Lillo	Combretaceae	GFS	0,667	0,001	-	-	68	88	-	1	+	+		
<i>Diatenopteryx sorbifolia</i> Radlk.	Sapindaceae	GFS	0,667	0,001	-	1	22	126	-	-			+	
<i>Holocalyx balansae</i> Micheli	Fabaceae	GFS	0,667	0,002	-	6	68	363	14	1	+	+		
<i>Machaerium brasiliense</i> Vogel	Fabaceae	GFS	0,667	0,003	2	13	43	114	-	-				
<i>Myroxylon peruiferum</i> L.f.	Fabaceae	GFS	0,667	0,004	1	26	91	239	-	1			+	+
<i>Balfouriodendron riedelianum</i> (Engl.) Engl.	Rutaceae	GFS	0,667	0,004	2	27	69	458	-	7				
<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	Fabaceae	GFS	0,662	0,001	1	1	81	760	54	10				
<i>Callisthene microphylla</i> Warm.	Vochysiaceae	GFN	0,743	0,001	3	51	40	-	-	-				
<i>Eugenia neomyrtifolia</i> Sobral	Myrtaceae	GFN	0,667	0,001	236	-	5	-	-	4				+
<i>Mouriri obtusiloba</i> Morley	Melastomataceae	GFN	0,666	0,001	1	-	-	-	-	-				
<i>Hymenaea eriogyne</i> Benth.	Fabaceae	GFN	0,662	0,002	1	63	55	-	-	-				
<i>Chaunochiton kappleri</i> (Sagot ex Engl.) Ducke	Oleaceae	GFN	0,65	0,001	72	2	17	-	-	-			+	+
<i>Bocageopsis mattogrossensis</i> (R.E.Fr.) R.E.Fr.	Annonaceae	GFN	0,569	0,002	8	-	14	-	-	4				
<i>Licania egleri</i> Prance	Chrysobalanaceae	GFN	0,515	0,011	107	-	13	-	-	-				
<i>Erythroxylum macrophyllum</i> Cav.	Erythroxylaceae	GFN	0,5	0,002	299	-	10	17	-	-			+	+
<i>Byrsonima gardneriana</i> A.Juss.	Malpighiaceae	GFN	0,5	0,004	4	125	9	51	-	-				
<i>Eugenia pseudopsidium</i> Jacq.	Myrtaceae	GFN	0,5	0,005	95	-	19	3	-	-				+
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D.Don	Bignoniaceae	GFNW	0,908	0,001	344	-	8	-	-	-			+	+
<i>Cheiloclinium cognatum</i> (Miers) A.C.Sm.	Celastraceae	GFNW	0,69	0,001	195	3	201	92	-	-			+	+
<i>Miconia tomentosa</i> (Rich.) D.Don	Melastomataceae	GFNW	0,6	0,002	163	-	27	15	-	-			+	+
<i>Brosimum rubescens</i> Taub.	Moraceae	GFNW	0,575	0,01	212	1	9	37	-	1			+	+
<i>Thyrsoedium spruceanum</i> Benth.	Anacardiaceae	GFNW	0,549	0,004	140	44	7	222	-	-			+	
<i>Inga alba</i> (Sw.) Willd.	Fabaceae	GFNW	0,494	0,012	131	2	29	5	-	-			+	+
<i>Sloanea guianensis</i> (Aubl.) Benth.	Elaeocarpaceae	GFNW	0,438	0,017	63	14	64	205	1	-			+	+
<i>Abarema jupunba</i> (Willd.) Britton & Killip	Fabaceae	GFNW	0,4	0,003	228	32	5	39	-	-			+	+
<i>Cassia leiandra</i> Benth.	Fabaceae	GFNW	0,4	0,004	140	6	8	11	-	-				
<i>Caraipa savannarum</i> Kubitzki	Calophyllaceae	GFNW	0,4	0,006	63	-	1	-	-	-				
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	Sapindaceae	GFSE	0,955	0,001	14	-	126	354	16	-				
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	Peraceae	GFSE	0,866	0,002	60	91	248	602	1	-			+	
<i>Annona cacans</i> Warm.	Annonaceae	GFSE	0,8	0,001	1	3	42	156	5	1				
<i>Protium spruceanum</i> (Benth.) Engl.	Burseraceae	GFSE	0,8	0,001	86	5	129	39	-	-			+	
<i>Clethra scabra</i> Pers.	Clethraceae	GFSE	0,8	0,001	-	29	59	519	-	-			+	
<i>Persea wilddenovii</i> Kosterm.	Lauraceae	GFSE	0,8	0,001	-	8	32	111	-	-				

Nome científico	Familia botânica	ISA			Species-Link						NeoTropTree			
		GF	indval	pval	Amaz.	Caat.	Cerr.	Atlá.	Pamp.	Pant.	Chac.	Ande.	Paci.	Meso.
<i>Casearia oblongifolia</i> Cambess.	Salicaceae	GFSE	0,8	0,001	3	2	1	89	-	-		+		
<i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn.) Mez	Lauraceae	GFSE	0,79	0,002	2	9	200	213	1	-		+		
<i>Nectandra oppositifolia</i> Nees	Lauraceae	GFSE	0,784	0,001	6	14	70	1199	59	-		+	+	+
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	Salicaceae	GFSE	0,759	0,001	53	16	61	408	25	9		+	+	+
<i>Physocalymna scaberrimum</i> Pohl	Lythraceae	GFCW	0,878	0,001	51	-	92	1	-	3		+		
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	Burseraceae	GFCW	0,654	0,001	243	80	331	363	-	26	+	+		
<i>Coussarea hydrangeifolia</i> (Benth.) Müll.Arg.	Rubiaceae	GFCW	0,654	0,001	16	9	371	38	-	11		+		
<i>Micropholis venulosa</i> (Mart. & Eichler) Pierre	Sapotaceae	GFCW	0,556	0,004	158	4	72	20	-	-		+	+	+
<i>Virola sebifera</i> Aubl.	Myristicaceae	GFCW	0,525	0,009	246	1	363	32	-	-		+	+	+
<i>Licania gardneri</i> (Hook.f.) Fritsch	Chrysobalanaceae	GFCW	0,504	0,01	15	5	74	2	-	-				
<i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler	Combretaceae	GFCW	0,499	0,007	21	13	179	6	-	11				
<i>Hirtella glandulosa</i> Spreng.	Chrysobalanaceae	GFCW	0,491	0,023	62	97	264	26	-	1				
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	Sapindaceae	GFCW	0,468	0,007	125	36	324	164	2	7		+		
<i>Lacistema hasslerianum</i> Chodat	Lacistemataceae	GFCW	0,418	0,015	4	-	207	99	-	-				
<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul	Moraceae	GFNE	0,969	0,001	15	64	421	65	-	13	+			
<i>Combretum mellifluum</i> Eichler	Combretaceae	GFNE	0,916	0,001	7	93	117	4	-	4				
<i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & Hook.f.	Opiliaceae	GFNE	0,827	0,001	41	27	154	28	-	15		+	+	+
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	Bixaceae	GFNE	0,703	0,002	10	94	24	13	-	2		+	+	+
<i>Martiodendron mediterraneum</i> (Mart. ex Benth.) R.C.Koepfen	Fabaceae	GFNE	0,697	0,001	3	31	49	13	-	-				
<i>Pelogyne pauciflora</i> Benth.	Fabaceae	GFNE	0,687	0,001	4	176	11	21	-	-				
<i>Aspidosperma discolor</i> A.DC.	Apocynaceae	GFNE	0,678	0,002	14	44	52	34	-	-				
<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	Sapotaceae	GFNE	0,645	0,004	62	182	441	26	-	12				
<i>Ephedranthus piscocarpus</i> R.E.Fr.	Annonaceae	GFNE	0,585	0,003	3	14	7	-	-	-				
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	Anacardiaceae	GFNE	0,55	0,001	4	49	205	36	-	14	+			
<i>Goniorrhachis marginata</i> Taub.	Fabaceae	GFE	0,818	0,001	-	107	30	94	-	-				
<i>Piptadenia viridiflora</i> (Kunth) Benth.	Fabaceae	GFE	0,801	0,001	2	301	73	26	-	52	+	+		
<i>Handroanthus spongiosus</i> (Rizzini) S.Grose	Bignoniaceae	GFE	0,727	0,001	-	120	4	1	-	-				
<i>Terminalia fagifolia</i> Mart.	Combretaceae	GFE	0,68	0,002	1	127	203	3	-	4				
<i>Poincianella pluviosa</i> (DC.) L.P.Queiroz	Fabaceae	GFE	0,636	0,002	3	43	54	145	3	23	+	+		
<i>Fridericia bahiensis</i> (Schauer ex DC.) L.G.Lohmann	Bignoniaceae	GFE	0,636	0,003	-	26	4	5	-	-				
<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	Fabaceae	GFE	0,636	0,003	-	873	46	127	-	-		+	+	+
<i>Combretum leprosum</i> Mart.	Combretaceae	GFE	0,603	0,004	20	242	115	13	-	21		+		
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B.Gillett	Burseraceae	GFE	0,594	0,004	5	251	50	15	-	7				
<i>Chloroleucon foliolosum</i> (Benth.) G.P.Lewis	Fabaceae	GFE	0,593	0,002	7	303	23	53	-	10		+		
<i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk.	Sapindaceae	GFC	0,771	0,001	7	1	118	18	-	10	+	+		
<i>Sterculia striata</i> A.St.-Hil. & Naudin	Malvaceae	GFC	0,597	0,001	15	30	124	12	-	11	+	+		
<i>Pseudobombax tomentosum</i> (Mart. & Zucc.) A.Robyns	Malvaceae	GFC	0,551	0,003	5	1	64	11	-	1				
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Malvaceae	GFC	0,539	0,003	94	151	370	324	6	48	+	+	+	+
<i>Aspidosperma pyriforme</i> Mart.	Apocynaceae	GFC	0,528	0,003	2	484	83	28	-	8	+			
<i>Jacaranda brasiliana</i> (Lam.) Pers.	Bignoniaceae	GFC	0,511	0,015	11	45	173	19	-	-				
<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.	Cannabaceae	GFC	0,507	0,024	47	98	122	248	18	13	+	+	+	+
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	Anacardiaceae	GFC	0,463	0,001	-	243	236	66	-	11	+	+		
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Bignoniaceae	GFC	0,446	0,009	6	97	87	72	-	9	+	+	+	+
<i>Casearia rupestris</i> Eichler	Salicaceae	GFC	0,418	0,015	1	1	100	9	-	12				

### 2.3.5 - Controle das variáveis ambientais e da estrutura espacial sobre a diversidade de espécies arbóreas

Os parâmetros de diversidade variaram significativamente ( $q = 0$ :  $F = 9,874$ ,  $p < 0,001$ ;  $q = 1$ :  $F = 6,955$ ,  $p < 0,001$ ; e  $q = 2$ :  $F = 5,05$ ,  $p < 0,001$ ) entre os GF, mesmo quando descontamos a autocorrelação espacial ( $q = 0$ :  $F = 3,031$ ,  $p = 0,007$ ;  $q = 1$ :  $F = 3,113$ ,  $p = 0,006$ ;  $q = 2$ :  $F = 3,33$ ,  $p = 0,004$ ). As médias mais elevadas das estimativas dos três parâmetros de diversidade foram registradas nos remanescentes dos grupos GFSE e GFCW, enquanto que nos grupos GFS e GFE foram registrados os menores valores médios (Figura 2.4). No entanto, quando descontamos a estrutura espacial, diferenças significativas em riqueza foram detectadas apenas entre os remanescentes do GFSE quando comparados aos remanescentes dos grupos GFNW, GFE e GFS; a raridade de espécies difere significativamente apenas entre remanescentes dos GFSE e GFS, assim como a dominância ecológica difere apenas na comparação dos remanescentes do GFS em relação aos grupos GFSE e GFCW, marcando o contraste entre as menores e maiores medidas de diversidade (Figura 2.4).



**Figura 2.4** - Rarefação (linhas contínuas) e extrapolação (linhas pontilhadas) para os números de Hill ( $q = 0, 1, 2$ ) dos Grupos Fitofisionômicos (GF) das florestas estacionais do Cerrado em função do número de indivíduos medidos. As áreas sobrepostas às linhas pontilhadas correspondem aos intervalos de confiança de 95%, obtidos através do método *bootstrap*. As densidades de referência são indicadas pelos pontos sólidos e a linha vertical pontilhada corresponde ao valor de comparação, que foi determinado como sendo o dobro do número de indivíduos do GF de menor densidade (Chao *et al.* 2014). Número máximo e mínimo dos números de Hill estimados por remanescente de cada GF são apresentados. GFS = Grupo Fitofisionômico Sul (laranja), GFSE = Grupo Fitofisionômico Sudeste (salmão), GFN = Grupo Fitofisionômico Norte (vermelho), GFNW = Grupo Fitofisionômico Noroeste (verde claro), GFNE = Grupo Fitofisionômico Nordeste (marrom), GFE = Grupo Fitofisionômico Leste (azul-claro); GFCW = Grupo Fitofisionômico Centro-Oeste (azul-escuro), GFC = Grupo Fitofisionômico Centro (verde-escuro).

Os preditores ambientais e espaciais selecionados, em conjunto, explicaram respectivamente 49%, 37% e 23% das variações na riqueza, raridade e dominância de espécies arbóreas (Tabela 2.4). A disponibilidade de nutrientes dos solos foi o preditor ambiental mais importante para explicar a variação da riqueza e dominância ecológica e o único preditor selecionado para explicar a variação dos três modelos (Tabela 2.4, Material Suplementar 3 a 5). A precipitação anual média foi importante para explicar a variação de riqueza, juntamente com o percentual de argila dos solos, e também explicou a raridade de espécies arbóreas. Já a altitude foi a variável mais importante para explicar a variação na raridade e compôs o modelo de explicação da dominância ecológica (Tabela 2.4).

**Tabela 2.4** – Coeficiente padronizado ( $\beta$ ) e respectivo erro padrão (EP), valor crítico do teste de t (t) e de significância (p) e o coeficiente de correlação de Pearson (cor. Pearson) das variáveis preditoras selecionadas (ambientais e espaciais) para os modelos lineares múltiplos elaborados para explicar a variação dos três primeiros números de Hill (q = 0, 1, 2 - variável resposta) entre 84 remanescentes de Floresta Estacional do Cerrado. PMA = Precipitação anual média, V = Saturação de bases, MEM = Filtros espaciais.

Var. Pred.	q = 0 (Riqueza)					q = 1 (Raridade)					q = 2 (Dominância)				
	R <sup>2</sup> adj. = 49.22%					R <sup>2</sup> adj. = 37.12%					R <sup>2</sup> adj. = 22.88%				
	F <sub>6,77</sub> = 12.44; p < 0.001					F <sub>6,77</sub> = 9.16; p < 0.001					F <sub>4,80</sub> = 7.15; p < 0.001				
	$\beta$	EP	t	p	cor. Pear.	$\beta$	EP	t	p	cor. Pear.	$\beta$	EP	t	p	cor. Pear.
Intercepto	67,658	1,890	35,80	<0,001	-	30,43	1,26	24,08	<0,001	-	18,17	0,923	19,6	<0,001	-
PMA	8,219	2,364	3,47	<0,001	0,50	3,89	1,776	2,190	0,031	0,41	-	-	-	-	-
V	-8,597	2,190	-3,92	<0,001	-0,48	-4,25	1,439	-2,952	<0,004	-0,4	-3,54	0,979	-3,61	<0,001	-0,32
altitude	-	-	-	-	-	5,72	1,678	3,410	0,001	ns	2,324	0,978	2,37	<0,02	ns
argila	4,817	2,125	2,27	0,026	ns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MEM1	-	-	-	-	-	3,125	2,149	1,454	0,15	0,26	-	-	-	-	-
MEM2	4,007	2,157	1,89	0,067	ns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MEM22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-1,771	0,947	-1,87	0,06	-0,25
MEM24	-3,993	1,920	-2,08	0,04	ns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MEM53	5,036	1,912	2,63	0,01	0,24	3,125	1,273	2,526	0,01	0,23	-	-	-	-	-
MEM67	-	-	-	-	-	-2,92	1,274	-2,295	0,02	ns	-2,31	0,929	-2,49	0,014	-0,24

## 2.4 – Discussão

### 2.4.1 – Os oito grupos fitofisionômicos das FTSS convergem com os distritos biogeográficos do Cerrado *sensu lato*

Mudanças graduais na composição florística-estrutural da vegetação arbórea ocupando a área nuclear do Cerrado (GFC e GFCW) e a faixa de contato com a Caatinga (GFE e GFNE) foram identificadas (Fig 1.1) ao excluir das análises os remanescentes florestais associados aos cursos de água e vales úmidos (rede dendrítica) do Cerrado (Cabrera & Willink 1973, Oliveira-Filho & Ratter 2002). Esse resultado contrapõe a homogeneidade florística entre FTSS da mesma região observada em análises considerando ambas as formações florestais (FTSS e Matas de Galeria e Ciliar) e somente a presença e ausência (composição) de espécies (Oliveira-Filho *et al.* 2006). Por outro lado, confirmamos abruptas substituições de espécies desses quatro GF em relação aos grupos que ocupam faixas de transição do Cerrado e Amazônia (GFNW e GFN) do Cerrado com a Mata Atlântica (GFS e GFSE) (Fig 1.1), corroborando os recentes achados sobre a elevada diversidade beta das FTSS, tanto na escala da região Neotropical (Neves *et al.* 2015, Banda-R *et al.* 2016), como na região sudoeste (Kilca *et al.* 2014), leste (Santos *et al.* 2012) e norte (Haidar *et al.* 2013) do Cerrado.

De forma complementar nossos resultados contrapõem-se à proposta de que as FTSS do Cerrado devam ser incluídas no conceito de Mata Atlântica *sensu latíssimo* (Oliveira-Filho & Fontes 2000, Oliveira-Filho *et al.* 2006). Esse conceito parece ser bastante coerente quando as Matas de Galeria e Ciliares, da parte sul e sudeste do Cerrado, são consideradas como FTSS (Eisenlohr & Oliveira-Filho 2015). No entanto, usando definições de FTSS amplamente aceitas no meio científico (Ribeiro & Walter 2008, Kilca *et al.* 2014) e nas agências governamentais brasileiras (IBGE 2012), nossos resultados revelam forte desconexão florística entre FTSS da área nuclear do Cerrado em relação àquelas que ocorrem na faixa de transição e de contato com a Mata Atlântica e Amazônia.

O fato dos limites de ocupação geográfica dos GF se sobreporem, em partes, com os limites dos distritos biogeográficos baseado na flora arbóreo-arbustiva do Cerrado *sensu lato*, propostos por Castro *et al.* (1999), Ratter *et al.* (2003), Bridgewater *et al.* (2004) e Françoso *et al.* (2016), corrobora os achados sobre a evolução histórica das savanas e florestas estacionais da América do Sul, em nível fitogeográfico (Dexter *et al.* 2015) e filogenético (Simon & Pennington 2012). FTSS e savanas de um mesmo

continente possuem maior afinidade florística do que ambas as formações encontradas em continentes distintos (Dexter *et al.* 2015), assim como é cada vez mais evidente a afinidade filogenética entre espécies de ambas as formações (FTSS e savanas) no Planalto Central brasileiro (Simon & Pennington 2012; Simon *et al.* 2016). Portanto, com a identificação dos oito GF de FTSS do Cerrado desvendamos padrões fitogeográficos adicionais e em escala mais refinada que podem guiar a elaboração e revisão de políticas públicas dirigidas ao conjunto das fitofisionomias do Cerrado.

#### **2.4.2 – Os nichos ambientais são estruturados no espaço e controlam as variações na composição florística-estrutural dos grupos fitofisionômicos**

Modelos espaciais e baseados em nichos ecológicos convergem na explicação dos filtros ambientais que regem a distribuição das FTSS no Cerrado, considerando que a maior parte da variação entre os remanescentes é explicada por variações ambientais (clima e solo) espacialmente estruturadas (localização geográfica). A elevada proporção de variação da composição florística-estrutural sem explicação (73%) denota elevado ruído estatístico (ter Braak, 1986, Guisan *et al.*, 1999). Consideramos que parte desse ruído estatístico pode ser atribuído a: (1) remanescentes de floresta estacional que não foram amostrados e incorporados em nossa base de dados, seja pelos desmatamentos da maioria dos remanescentes de determinadas regiões (por exemplo, no oeste de Minas Gerais e no leste do Mato Grosso do Sul) ou a necessidade de amostragem em novas áreas de lacuna do Cerrado (Françoso *et al.* 2016); (2) preditores não mensurados da qualidade dos habitats (e.g, o histórico de uso da terra, o estágio sucessional e as variáveis morfométricas de cada remanescente florestal); (3) derivas ecológicas que controlam rearranjos estocásticos (e.g, taxas de migração e colonização); (4) preditores bióticos dificilmente mensuráveis (e.g. competição e predação); (5) falsa ausência das espécies nos estudos (e.g, erros na pesquisa e na identificação das espécies) e (6) outras variáveis ambientais não estruturadas no espaço que não foram mensuradas (Neves *et al.* 2015, Eishlhor & Oliveira-Filho 2015). No entanto, esses ruídos são recorrentes em análises da vegetação em escalas semelhantes à nossa, nos quais 65% a 75% da variação permanecem sem explicação (Legendre *et al.* 2012, Oliveira-Filho *et al.*, 2013, Gonçalves & Souza 2014, Neves *et al.* 2015, Eisenlohr & Oliveira-Filho 2015). Dessa forma, além de determinar consistentes variações na composição florística-estrutural,

deciframos que os controles ambientais de parte da diversidade beta das FTSS do Cerrado apresentam importância similar em outros núcleos neotropicais de FTSS.

A heterogeneidade espacial das atuais condições climáticas e tipos de solos é, certamente, derivada da complexa geomorfologia atual do Cerrado (Ab'Saber 2000). O Planalto Central funciona com um divisor das principais bacias hidrográficas do Brasil, com cotas de altitudes decrescendo em relação às bacias vertedouras em direção ao norte (Amazônia), para os vales dos Rios Tocantins-Araguaia e Amazonas (até altitudes de 190 m), para as bacias do São Francisco, Parnaíba e Atlântico Nordeste Ocidental (até altitudes de 135 m) rumo à Caatinga e também ao oeste, em direção ao Pantanal (Rio Paraguai) (Ab'Saber 2000). Na direção sul (bacias hidrográficas do Paraná e Atlântico Leste e Sudeste), no entanto, essa variação de altitude ocorre de forma mais suave (até altitudes de 335 m) até chegar à Serra do Espinhaço (BA e MG) e a partir de onde apresenta ampla variação das cotas de altitude em direção a Serra do Mar e Mantiqueira (SP, RJ e sul de MG) (Oliveira-Filho & Fontes 2000). Considerando que essa conformação geomorfológica atual é oriunda do histórico progresso desta região, nossos resultados reforçam a importância dos eventos pretéritos, em termos climáticos (Bueno et al. 2016; Werneck et al. 2011, 2012) e geológicos (Salgado-Labouriau 1998), principalmente do passado recente (Pleistoceno), para entender a atual distribuição das FTSS do Cerrado.

Reconhecendo essa heterogeneidade geomorfológica, não foi surpresa que filtros ecológicos relacionados as variações de precipitação e temperatura controlassem significativamente a diversidade beta da vegetação arbórea de FTSS do Cerrado. Fato semelhante já foi verificado em outras florestas da região Neotropical (Gentry 2002, Oliveira-Filho *et al.* 2013, Gonçalves & Souza 2014, Eisenlohr & Oliveira-Filho 2015). Em larga escala a oscilação na isothermalidade e na precipitação do trimestre mais frio foram as principais variáveis responsáveis pela ruptura dos dois grandes grupos de FTSS sul-americanos que ocorrem na área nuclear do Cerrado (Neves *et al.* 2015). Essas oscilações acompanham variações latitudinais no Cerrado, coincidindo também com a forte influência da temperatura nas variações da composição de comunidades de Cerrado *sensu lato* (Castro *et al.* 1999). Logo, torna-se compreensível a forte desconexão na composição florística-estrutural dos remanescentes de FTSS que ocupam distintos setores climáticos do bioma Cerrado.

Além da significativa influência do clima nos padrões fitogeográfico, verificamos considerável contribuição da variação na disponibilidade de nutrientes do

solo e da interação entre clima-solo-vegetação atuando na diversidade beta dos remanescentes de FTSS (Fig 1.2). Verificamos que as propriedades químicas dos solos são importantes para explicar a ocorrência de FTSS na área central do Cerrado (Furley & Ratter 1988, Oliveira-Filho & Ratter 2002, Scariot e Sevilha 2005, Pennington *et al.* 2009), embora nas áreas marginais ocorram FTSS dissociadas de solos com elevada disponibilidade de nutrientes. Os remanescentes do GFC e GFE, onde registramos solos eutróficos (saturação de base média de 70%), estão, em geral, associados a níveis de precipitação anual média inferiores a 1.600 mm (Figura 2.2). Por outro lado, a maioria dos remanescentes dos demais GF situados na faixa de contato com a Amazônia e com a Mata Atlântica apresentam solos distróficos (saturação de base < de 50%) e estão sujeitos a precipitação anual média que excedem 1.600 mm, com exceção dos remanescentes do grupo GFS (Figura 2.2).

A possível ocorrência de florestas estacionais no Cerrado sobre solos com baixa disponibilidade de nutrientes, incluindo Neossolos Quartzarênicos, já havia sido alertada na faixa de contato do Cerrado com a Amazônia (Scariot & Sevilha 2005). Verificamos que espécies consideradas típicas de solos eutróficos (Ratter *et al.* 2003) ocorrem eventualmente nos solos distróficos (Bueno *et al.* 2013), enquanto que espécies importantes (elevada densidade) em remanescentes sobre solos distróficos são intolerantes aos solos eutróficos (Haridasan 2000). Determinamos, portanto, padrões que podem definir os controles de riqueza e diversidade e que haviam sido pouco documentadas para comunidades de FTSS do Cerrado.

#### **2.4.3 - Tendências de distribuição geográfica das espécies indicadoras entre os grupos fitofisionômicos**

As tendências fitogeográficas verificadas convergem com as diferenças ambientais que controlam a diversidade beta e são apoiadas pelas hipóteses de conexão e rupturas entre as formações florestais neotropicais durante as flutuações paleoclimáticas (Rizzini 1963, Andrade-Lima 1966, Bigarella *et al.* 1975, Prado & Gibbs 1993, Behling 1995, Pennington 2000, Oliveira-Filho & Ratter 1995, 2002, Neves *et al.* 2015). Por exemplo, mais de um terço das espécies indicadoras do GFC (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, *Aspidosperma pyrifolium* Mart., *Handroanthus impetiginosus* Mattos, *Myracrodruon urundeuva* Allemão, *Pouteria gardineri* (Mart. & Miq.) Baehni e *Sterculia striata* A.St.-Hill. & Naudin) (Material

Suplementar 2), que atualmente apresentam distribuições centradas na Caatinga e no Cerrado (Figura 2.3), são espécies calcícolas (Haridasan 2000) e que tiveram suas fitogeografias usadas isoladamente para formular a Teoria do Arco do Pleistoceno (Prado & Gibbs 1993, Pennington 2000).

A presença da espécie endêmica *Bursera pereirae* no GFC, que é o único representante desse gênero no Cerrado (Daly 2014), fornece parcial suporte para a TAP e para a existência de relictos de FTSS do Cerrado. Esse endemismo pode ser entendido tanto como resultado da influência local de eventos geológicos, como os afloramentos de rocha carbonática (calcário) (Pereira *et al.* 2011) e também devido a estabilidade climática da área de ocorrência desse grupo (Jansson 2003, Werneck *et al.* 2011), que é caracterizada pela marcante sazonalidade anual da precipitação.

Não encontramos evidências fitogeográficas para que demonstrem que os remanescentes do GFCW e GFNE sejam considerados formações extra-Cerrado, como postulado na literatura (Coutinho 2006, Batalha 2011). O maior número de registros de espécies indicadoras desses dois GF foi concentrado no Cerrado, apesar das possíveis conexões florísticas entre Mata Atlântica e a Amazônia com o GFCW (Figura 2.3) e entre Amazônia e Caatinga com o GFNE (Figura 2.3). Além disso, a presença da espécie endêmica *Stryphnodendron fissuratum* (Lista da Flora do Brasil em construção 2020) no GFCW, que é considerado um taxa basal da tribo desse gênero muito próximo geneticamente a *Stryphnodendron coreaceum* Benth. que apresenta populações com alta densidade em áreas de cerrado *sensu stricto* (Simon *et al.* 2016), e de espécies indicadoras no GFNE que são comuns em formações savânicas, como *Brosimum gaudichaudii* Trécul, *Agonandra brasiliensis* Miers ex Benth. & Hook., *Pouteria ramiflora* (Mart.) Radlk. e *Dimorphandra gardineriana* Tul., convergem para explicar a existência de relictos de FTSS do Cerrado.

Quando avaliamos as tendências dos GFSE e GFS encontramos evidências que sustentam a hipótese de FTSS extra-Cerrado sugeridas por Batalha (2011) e da separação histórica entre os dois blocos da Mata Atlântica durante a divisão da província Gondwana como destacado por Oliveira-Filho & Ratter (1995) e Oliveira & Fontes (2000). As espécies do GFS se concentram no centro de endemismo das Serras do Mar e Mantiqueira (Figura 2.3), no bloco sul da Mata Atlântica (Pinto-da-Rocha *et al.* 2005), se estendendo para os Pampas e para os Andes, no sul da América do Sul (Oliveira-Filho 2014). Já as espécies indicadoras do GFSE ocupam de forma expressiva o bloco norte da Mata Atlântica (Figura 2.3), com influências amazônicas,

presumivelmente devido às migrações laurásicas (Pennington & Dick, 2004) que evidenciam os laços históricos das florestas úmidas sul-americanas, através do Cenozóico (Rizzini 1963, Andrade-Lima 1966).

As espécies indicadoras do GFNW da borda sul Amazônica, como *Brosimum rubescens* Taub., fazem a conexão da rota “Noroeste-Sudeste” (Rizzini 1963) por meio dos vales da região norte do Cerrado e da Caatinga e estendem-se nas zonas costeiras dos blocos sul e norte da Mata Atlântica (Figura 2.3). Por outro lado, as espécies indicadoras do GFN, como *Callisthene microphylla*, aparentemente conectam florestas do contato do Cerrado com o sul da Amazônia ao bloco norte da Mata Atlântica (Figura 2.3) por meio das areias espalhadas nos terrenos sedimentares do domínio da Caatinga (Rizzini 1963, Andrade-Lima, 1966) e nas áreas de carrascos que marcam a transição do Cerrado com a Caatinga. Esse padrão fitogeográfico é resultado de amplo processo de pediplanação que cobriu o embasamento cristalino pré-cambriano durante o Quaternário (Queiroz 2006). Por outro lado, no GFN também são encontradas espécies de gêneros comuns nos habitats amazônicos de areias brancas (exemplo: campinaranas; ver Vicentini 2007 e Frasier *et al.* 2008), como *Humiria*, *Pagamea* e *Caraipa* (Fiaschi & Pirani 2009), denotando que o GFN representa um tipo de FTSS de transição entre Amazônia, Cerrado e Caatinga (Figura 2.3).

Para as espécies indicadoras do GFE predominam registros por toda a área da Caatinga (Figura 2.3), como os de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B.Gillet que é um elemento típico de distintos ambiente da região semiárida do Brasil (Queiroz 2006) e de *Cyrtocarpa caatingae* J.D.Mitch. & D.C.Daly, *Handroanthus spongiosus* (Rizzini) S.O.Grose e *Spondias tuberosa* Arruda que são consideradas endêmicas da Caatinga (Giulietti *et al.* 2002). No entanto, esse grupo também apresenta ampla dispersão de registros no bloco sul da Mata Atlântica, como o de *Goniorrhachis marginata* Taub. que é considerado taxa primitivo de origem africana (Prance 1982, Vicentini, 2007) e indica o potencial do GFE na conexão florística de FTSS da região Neotropical com a parte subtropical da América do Sul.

#### 2.4.4 - Principais controles ambientais na variação da diversidade de espécies arbóreas

As variações espaciais do ambiente entre os remanescentes refletiram em distribuições diferenciais da abundância das espécies arbóreas, com consequências para os padrões de diversidade (Hutchinson 1957). O padrão latitudinal de diversidade global (Hillebrand 2004) foi parcialmente corroborado nos nossos modelos e sugerem o aumento de riqueza relacionado a elevação de temperatura em direção aos trópicos, nas menores latitudes (Hillebrand 2004). Portanto, determinamos que a variação ambiental estruturada no espaço além de controlar a variação na composição florística-estrutural (diversidade beta), influencia diretamente a variação na riqueza e diversidade local das FTSS do Cerrado.

A baixa riqueza registrada nos remanescentes do GFS, que estão localizados no bloco sul da Mata Atlântica, indicou que baixas temperaturas na estação seca juntamente com geadas podem selecionar pequena quantidade de espécies de árvores com tolerância ou adaptações para essa condição climática extrema (Jurinitz & Jarenkow, 2003, Gonçalves & Souza 2013). Por outro lado, os remanescentes do GFNE, localizados mais próximo da linha do Equador, apresentaram comunidades com menor dominância ecológica e elevada riqueza de espécies. No entanto, nenhuma variável relacionada diretamente com a temperatura foi associada com a variação das três medidas de diversidade. Provavelmente essa variável climática foi incorporada a altitude e também aos filtros espaciais (autocorrelação espacial) selecionados nos modelos para representar o gradiente latitudinal.

O modelo de riqueza de espécies apresentou influência da precipitação anual média (Material Suplementar 3), que no Cerrado apresenta proeminente variação no sentido longitudinal (Silva *et al.* 2008) e é evidenciado pela maior riqueza nos remanescentes das zonas climáticas mais “úmidas”, tanto da transição do Cerrado com o bloco norte da Mata Atlântica (GFSE) como na parte oeste do Cerrado (CFCW), próximo ao contato com a Amazônia. O aumento da diversidade de espécies em formações tropicais está relacionado com o consumo de água e absorção de energia, recursos que são particionados entre as espécies e limitam seu número em comunidades florestais (Hugget 1995). Além disso, esses GF mais ricos possuem complexa geodiversidade (regiões com ampla variação de tipos de rocha, relevo e tipos de solos - Mutke & Barthlott *et al.* 2005) e marcante influência, respectivamente, da flora arbórea

da Mata Atlântica, onde é registrada localmente elevada diversidade alfa (Thomas *et al.* 2008), e da flora Amazônica que é considerada a mais rica do mundo (ter Steege *et al.* 2016).

Os remanescentes de menor riqueza estão concentrados nas zonas climáticas mais “secas”, na faixa de transição com a Caatinga (GFE) e na área nuclear do Cerrado (GFC) (Material Suplementar 3). Nesse caso, a restrição hídrica provavelmente seja importante filtro ambiental que influencia na redução da riqueza de espécies, assim como foi verificada ao longo do gradiente de formações florestais do leste da América do Sul (Oliveira-Filho *et al.* 2006). Já foi constatado para a região Neotropical que a elevada riqueza das áreas de florestas úmidas reduz em direção as FTSS e mais ainda em direção às formações secas, como nas florestas do Chaco, Caatingas e Carrascos (Oliveira-Filho *et al.* 2006). Nossos resultados elucidam que processos ecológicos anteriormente desvendados em larga escala ocorrem de forma similar em escalas refinadas dentro do Planalto Central brasileiro e em suas zonas de transição com os biomas vizinhos.

Além dessas premissas espaciais e climáticas, os modelos das medidas de diversidade se adequam a teoria da fertilidade intermediária dos solos (Tilman 1982, 1986), pela qual se espera que ambientes com disponibilidade nutricional intermediária apresentem maior diversidade que locais onde a condição nutricional seja mais elevado ou reduzido. Em geral, solos com maior disponibilidade de nutrientes funcionam como filtros que selecionam apenas as espécies calcícolas (Haridasan 2000), tolerantes aos elevados percentuais de saturação de bases (Bueno *et al.* 2013) e que são muito eficientes no uso do recurso e competidoras muito eficazes (Rossato *et al.* 2015). Essa associação é marcante diante da elevada dominância ecológica das FTSS decíduais do Cerrado que ocorrem sobre solos eutróficos (Oliveira-Filho & Ratter 2002, Scariot & Sevilha 2005), aqui no nosso estudo representado por sítios com elevada densidade das espécies *Combretum duarleanum*, *Anadenanthera colubrina* e *Myracrodruon urundeuva*.

A relação entre a disponibilidade de nutrientes e a diversidade de espécies, proposta na teoria da fertilidade intermediária dos solos (Tilman 1982, 1986) é condizente com os modelos gerados por este estudo. Essa associação ficou evidente frente à baixa riqueza e raridade e elevada dominância ecológica das espécies nos remanescentes com solos eutróficos dos grupos GFC e GFE (Material Suplementar 3 a

5), onde também há maior severidade da sazonalidade climática (menor precipitação anual média e no trimestre mais seco), e no GFS, onde há registros das temperaturas mais baixas na nossa área de estudo. No entanto, também verificamos que sobre os solos de baixa disponibilidade de nutrientes e elevado teor de areia nos solos ocupados por FTSS do GFN ocorrem comunidades arbóreas caracterizadas pela elevada dominância ecológica, baixa riqueza e número reduzido de espécies raras (Material Suplementar 3 a 5). Por outro lado, os maiores valores das três medidas de diversidade são registrados nas FTSS dos grupos GFCW, GFSE e GFNE que se desenvolvem sobre níveis intermediários de disponibilidade de nutrientes do solo (Tabela 2.4, Material Suplementar 3 a 5).

Não detectamos o padrão relacionado à redução da riqueza de espécies com o aumento da altitude, que é comum em áreas montanhosas (Lieberman *et al.* 1985, Oliveira-Filho & Fontes 2000, Sanches *et al.* 2013). Ao contrário desse padrão, notamos que remanescentes do GFSE localizados em elevadas cotas de altitude (de 950 a 1100 metros), são também detentores da maior diversidade de espécies, embora também tenhamos remanescentes do GFCW, localizados em cotas altimétricas variáveis (de 180 até 700 metros), com níveis similares de diversidade (Material Suplementar 4 e 5). Esse fato nos faz inferir que não só a altitude (um único fator), mas a heterogeneidade ambiental (vários fatores interagindo) regulam a riqueza e diversidade de espécies nas FTSS do Cerrado.

Quando a dominância ecológica dentro dos grupos foi avaliada, nós determinamos ampla variação de 2,94% a 9,37% das espécies com mais de 50% dos indivíduos. A dominância ecológica é uma característica marcante em florestas tropicais da região Neotropical (Gentry 1995) e recentemente estimou-se que 227 espécies hiperdominantes em densidade nas formações Amazônicas correspondem a 1,4% das cerca 16.000 espécies registradas nesse bioma (ter Steege *et al.* 2016). Apesar da dominância ecológica em FTSS ser considerada mais acentuada do que em florestas úmidas (Murph & Lugo 1995), nós verificamos um percentual de 2,57% de espécies dominantes (36 espécies com mais de 50% dos indivíduos medidos entre 1398 espécies). A dominância mais pronunciada ocorre na parte central (GFC), onde 14 espécies são dominantes (2.94% da riqueza total) e no contato com a Caatinga na borda leste do Cerrado (GFE), com 12 espécies dominantes (3.78% da riqueza total). Por outro lado, comunidades mais diversas ocorrem na área de contato entre Cerrado, Amazônia e

Caatinga (GFNE), com 15 espécies dominantes (9.38% da riqueza total), e na borda oeste do Cerrado (GFCW), com 34 espécies dominantes (7.1% da riqueza total).

A ausência de fatores climáticos para explicar a dominância ecológica de espécies nas FTSS, indica que essa medida de diversidade apresenta maior influência de controles locais (solo e relevo), enquanto que a riqueza e raridade de espécies são determinadas primariamente por controles climáticos que agem em escala regional (Material Suplementar 3 e 5). Por outro lado, os filtros espaciais ajudam a explicar a complexa influência dos biomas brasileiros sobre as medidas de diversidade de espécies nas FTSS do Cerrado, reforçando a ideia de que padrões estocásticos podem preponderar sobre os ambientais não como um agente causal, mas casual, nas medidas de diversidade alfa (Machado *et al.* 2008). Os elevados ruídos (parte não explicada) dos nossos modelos podem ser atribuídos a variáveis preditoras dificilmente mensuráveis como o tamanho dos remanescentes, pois FTSS no Cerrado podem ser confundidos com áreas contíguas de Cerradão ou Mata de Galeria, níveis de perturbação (Connell 1978) e também o grau de isolamento histórico dos remanescentes frente às flutuações paleoclimáticas (Werneck *et al.* 2011).

## **2.5 – Conclusões**

Aqui, demonstramos que há alta diversidade beta no núcleo de FTSS localizado na porção central da “Diagonal Seca do Arco do Pleistoceno”, abrangendo somente florestas de “terrenos secos” da área nuclear do Cerrado e suas faixas de contato e transição. A elevada disponibilidade de nutrientes dos solos, a baixa precipitação anual média e a marcante sazonalidade da precipitação da área nuclear do Cerrado (Planalto Central) e sua borda leste (contato com a Caatinga), de forma geral, são suavizadas em direção as áreas de contato com a Amazônia e Mata Atlântica. Essas forças ambientais estruturadas no espaço controlam os padrões de diversidade beta de espécies arbóreas e as tendências fitogeográficas identificadas por meio de valores quali-quantitativos que corroboram padrões anteriormente descritos por diversos autores.

Adicionalmente encontramos poucas evidências fitogeográficas que confirmem a hipótese de que as FTSS da área nuclear do Cerrado são formações extra-Cerrado e devam ser tratadas como extensões de biomas vizinhos. Pelo contrário, encontramos tipos de florestas, chamados aqui de Grupos Fitofisionômicos (GF), cujas principais espécies possuem áreas de ocorrência centradas nos limites do Cerrado e que incluem espécies endêmicas dessa parte central da diagonal seca da região Neotropical.

Por fim, determinamos que somente na faixa de contato com o bloco norte da Mata Atlântica (GFSE) e na borda oeste do Cerrado (GFCW) ocorrem comunidades de FTSS com maior diversidade (espécies totais, raras e dominantes) em relação às FTSS de outros setores do Cerrado. Por outro lado, a dominância ecológica é elevada tanto nas comunidades dos remanescentes da área nuclear do Cerrado (GFC), como nos contatos da borda leste com a Caatinga (GFE) e com o bloco sul da Mata Atlântica (GFS). Assim, as estratégias de conservação e manejo das FTSS do Cerrado devem necessariamente levar em conta o caráter peculiar da composição florística-estrutural das comunidades dos remanescentes da área nuclear do Cerrado e suas faixas de transição e contato.

## 2.6 – Referências bibliográficas

- Ab'Saber, A.N. 2000. Spaces occupied by the expansion of dry climates in south America during the quaternary ice ages. *Revista do Instituto Geológico*, 21(1/2):71-78.
- Andrade-Lima D. 1966. Contribuição ao estudo do paralelismo da flora Amazônico-Nordestina. Instituto de Pesquisas Agronômicas de Pernambuco, Boletim Técnico 19: 3– 30.
- Banda-R, K.; Delgado-Salinas, A., Dexter, K.G., Linares-Palomino, R., Oliveira-Filho, A., Darién P., Pullan, M., Quintana, C., Riina, R., Rodríguez, G.M., Weintritt, J., Acevedo-Rodríguez, P., Adarve, J., Álvarez, E., Aranguren, A., Arteaga, J.C., Aymard, G., Castaño, A., Ceballos-Mago, N., Cogollo, A., Cuadros, H., Delgado, F., Devia, W., Dueñas, H., Fajardo, L., Fernández, A., Fernández, M.A., Janet Franklin, J., Freid, E.H., Galetti, L.A., Gonto, R., González-M, R.G., Graveson, R., Helmer, E.H., Idárraga, A., López, R., Marcano-Veja, H., Martínez. O.G., Maturo, H.M., McDonald, M., McLaren, K., Melo, O., Mijares, F., Moggi, V., Molina, D., Moreno, N.P., Nassar, J.M., Neves, D.M., Oakley, L.J., Oatham, M., Olvera-Luna, A.R., Pezzini, F.F., Dominguez, O.J.R., Ríos, M.E., Rivera, O., Rodríguez, N., Rojas, A., Särkinen, T., Sánchez, R., Smith, M., Vargas, C., Villanueva, B. & Toby Pennington, R.T. 2016. Plant diversity patterns in neotropical dry forests and their conservation implications. *Science* 353:1383-1387.
- Barthlott, W., Lauer, W. & Placke, A. 1996. Global Distribution of Species Diversity in vascular Plants: Towards a World map of phytodiversity. *Erdkunde* 50: 317-328.
- Batalha, M.A. 2011. O cerrado não é um bioma. *Biota Neotropica* 11 (1): 21-24
- Behling, H. 1995. A high resolution Holocene pollen record from Lago do Pires, SE Brazil: vegetation, climate and fire history. *Journal of Paleolimnology*, 14: p. 253-268.
- Beiguelman, B. Curso prático de Bioestatística. *Revista Brasileira de Genética*. 1996, 242p.
- Bigarella, J.J., Andrade-Lima, D., Riehs, P. 1975, Considerações a respeito das mudanças paleoambientais na distribuição de algumas espécies vegetais e animais no Brasil. In: *Anais do Simpósio Internacional sobre o Quaternário*, Curitiba. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 47:411-464.
- Bivand, R. 2013. Package 'spdep': Spatial Dependence: Weighting Schemes, Stati. and Models. R package v.0.5–56. <http://cran.rproject.org/web/packages/spdep/index.html> (12 October 2013, date last accessed).

- Borcard, D., F. Gillet, & P. Legendre. 2011. Numerical ecology with R. Springer, New York.
- Bridgewater, S., Pennington, R.T., Reynel, C., Daza, A. & Pennington, T.D. 2003. A preliminary floristic and phytogeographic analysis of the woody flora of seasonally dry forests in northern Peru, *Candollea*, 58, 129.
- Bridgewater, S, Ratter, J.A. & Ribeiro, J.F., 2004. Biogeographic patterns, Beta-diversity and dominance in the Cerrado biome of Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 13(12): 2295–2318.
- Bueno, M.L., Rafael, D., Neves, M., Souza, A.F., Junior, E.O., Damasceno Junior, G.A., Pontara, V., Valdemir Antônio Laura, V.A. & Ratter, J.A. 2013. Influence of edaphic factors on the floristic composition of an area of cerrado in the Brazilian central-west. *Acta Botanica Brasilica*, 27(2):445–455.
- Bueno, M.L., Pennington, R.T., Dexter, K.G., Kamino, L.H.Y., Pontara, V., Neves, D. R.M., Ratter, J.A. and de Oliveira-Filho, A.T. 2016. Effects of Quaternary climatic fluctuations on the distribution of Neotropical savanna tree species. *Ecography* 39:1-12. doi: 10.1111/ecog.01860.
- Cabrera, A.L. & Willink, A. 1973. Biogeografía de América Latina. Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos, Washington, p.120.
- Caetano, S., Pennington, R.T., Prado, D., Spichiger, R & Naciri, Y. 2008. The history of Seasonally Dry Tropical Forests in eastern South America: inferences from the genetic structure of the tree *Astronium urundeuva* (Anacardiaceae). *Molecular Ecology*, 13(17):3147-3159.
- Carvalho, G. 2016. Flora: Tools for Interacting with the Brazilian Flora 2020. R package version 0.2.7. <http://CRAN.R-project.org/package=flora>.
- Castro, A.A.J.F., Martins, F.R., Tamashiro, J.Y. & Shepherd, G.J. 1999. How rich is the flora of Brazilian Cerrados? *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 86(1): 192–224.
- Chao, A., Gotelli, N.J., Hsieh, T.C., Sander, E.L., Ma, K.H., Colwell, R.K. & Ellison, A.M. 2014. Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs* 84: 45-67.
- Collevatti, R.G., Terribile, L.V., Lima-Ribeiro, M.S., Nabout, J.C., Oliveira, G., Rangel, T.F. & Diniz-Filho, J.A.F. 2013. Drawbacks to Palaeodistribution Modelling: The Case of South American Seasonally Dry Forests. *Journal of Biogeography* 40 (2): 345-358.
- Connell, J.H. 1978. Diversity in tropical rain forest and coral reefs. *Science* 199:1302-1310.
- Costa, L.P. 2003. The historical bridge between the Amazon and the Atlantic Forest of Brazil: a study of molecular phylogeography with small mammals. *Journal of Biogeography* 30: 71–86.
- Coutinho, L.M. 2006. O conceito de bioma. *Acta Bot. Bras.* 20(1):1-11.
- Daly, G.C. 2014. *Bursera pereirae*, a new species and generic record for the Cerrado complex of Brazil. *Studies in neotropical Burseraceae XVIII*. *Brittonia*, 86(2): 186-190. DOI 10.1007/s12228-014-9333-5.
- Dapporto, L., Ramazzotti, M., Fattorini, S., Talavera, G., Vila, R. and Dennis, R. L. H. 2013. Recluster: an Unbiased Clustering Procedure for Beta-Diversity Turnover. *Ecography*, 36(5):1070–1075.

- Dexter, K., Smart, B., Baldauf, C., Baker, T.R., Balinga, M.P., Brienen, R.J.W., Fauset, S., Feldpausch, T.R., Silva, L. Ferreira-Da, Muledi, J. Ilunga, Lewis, S.L., Lopez-Gonzalez, G., Marimon-Junior, B.H., Marimon, B.S., Meerts, P., Page, N., Parthasarathy, N., Phillips, O.L., Sunderland, T.C.H., Theilade, I., Weintritt, J., Affum-Baffoe, K., Araujo, A., Arroyo, L., Begne, S. K., Neves, E. Carvalho-Das, Collins, M., Cuni-Sanchez, A., Djuikouo K, M-N., Elias, F., Foli, E. G., Jeffery, K. J., Killeen, T., Malhi, Y., Maracahipes, L., Mendoza, C., Morandi, P., Santos, C. Oliveira-Dos, Parada-Gutierrez, A., Pardo, G., Peh, K.S.H., Salomão, R.P., Silveira, M., Sinatora-Miranda, H., Silk, J.W.F., Sonke, B., Taedoumg, H. E., Toledo, M., Umetsu, R.K., Villaruel, R.G., Vos, V., White, L.J.T., Pennington, R.T. 2015. Floristics and biogeography of vegetation in seasonally dry tropical regions. *International Forestry Review* 17(S2): 10-32.
- Diniz-Filho, J.A.F. & Bini, L.M. 2005. Modelling geographical patterns in species richness using eigenvector-based spatial filters. *Global Ecology and Biogeography*, 14, 177–185.
- Dray, S., Legendre, P. & Peres-Neto, P. R. 2006. Spatial modelling: A comprehensive framework for principal coordinate analysis of neighbor matrices (PCNM). *Ecol. Model.* 196: 483–493.
- Dray, S., Legendre, P., Blanchet, F.G. 2009. Packfor: Forward Selection with Permutation (Canoco p.46) (R package version 0.0–7 / r58). <http://R-Forge.R-project.org/projects/sedar/> (15 October 2012, date last accessed).
- Dray, S., Péliissier, R., Couteron, P., Fortin, M.J., Legendre, P., Peres-Neto, P.R. 2012. Community ecology in the age of multivariate multiscale spatial analysis. *Ecol Monogr* 82:257–5.
- Dufrêne, M., Legendre, P. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67(3):345-366.
- Eisenlohr P.V., Oliveira Filho A.T. 2015. Revisiting patterns of tree species composition and their driving forces in the Atlantic Forests of Southeastern Brazil. *Biotropica* 47:689–701. doi:10.1111/btp.12254
- Eisenlohr, P. V. 2014. Persisting challenges in multiple models: A note on commonly unnoticed issues regarding collinearity and spatial structure of ecological data. *Braz. J. Bot.* 37: 365–371.
- Embrapa & IBGE. 2003. Mapa de Solos do Brasil (escala 1:5.000.000). Centro Nacional de Pesquisas de Solos da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) & IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasília, DF, Brazil.
- Felfili, J.M. 2003. Fragmentos de Florestas Estacionais do Brasil Central: diagnóstico e propostas de corredores ecológicos. In *Fragmentação Florestal e Alternativas de Desenvolvimento Rural na Região Centro-Oeste*. (R.B. Costa, org.) UCDB, Campo Grande. pp. 139-160.
- 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.
- Fiaschi, P., & J.R. Pirani. 2009. Review of plant biogeographic studies in Brazil. *J. Syst. Evol.* 47: 477–496.
- Flora do Brasil em construção 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 04 Jan. 2017.
- Franco, A.C., 2002. Ecophysiology of wood plants. In PS Oliveira & RJ Marquis (eds.), *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna*. . Columbia University Press, p. 178–198.

- Françoso, R.D., Haidar, R.F. & Machado, R.B. 2016. Tree species of South America central Savana: endemism, marginal areas and the relation with others biomes. *Acta Botanica Brasilica* 30(1):78-86.
- Frasier, C.L., Albert V.A., Struwe L. 2008. Amazonian lowland, white sand areas as ancestral regions for South American biodiversity: biogeographic and phylogenetic patterns in *Potalia* (Angiospermae, Gentianaceae). *Organisms, Diversity & Evolution* 8: 44–57.
- Furley, P., Ratter, J.A, 1988. Soil resources and plant communities of the central Brazilian cerrado and their development. *Journal of Biogeography*, 15(1):97–108.
- Gentry, A.H. 1995. Diversity and floristic composition of neotropical dry forests. In: Bullock S.H., Mooney, H.A, Medina, E. eds. *Seasonally dry tropical forests*. New York: Cambridge University Press. p. 146–194.
- Giulietti, A.M., Harley, R.M., Queiroz, L.P. de, Barbosa, M.R.V., Neta, A.L.B., Figueiredo, M.A.. 2002. Espécies endêmicas da caatinga. In: Sampaio E.V.S.B., Giulietti A.M., Virginio J., Gamarra-Rojas C.F.L. eds. *Vegetação e Flora da Caatinga*. Recife: Associação de Plantas do Nordeste. p. 103–118.
- Goncalves, E.T, Souza, A.F. 2014. Floristic variation in ecotonal areas: patterns, determinants and biogeographic origins of subtropical forests in South America. *Austral Ecol* 39:122-134. doi:10.1111/aec.12051.
- Guisan, A., Weiss, S.B., Weiss, A.D., 1999. GLM versus CCA spatial modeling of plant species distribution. *Plant Ecol.* 143, 107–122.
- Haidar, R.F., Fagg, J.M.F., Pinto, J.R.R., Dias, R.R., Damasco, G., Silva, L.C.R., & Fagg, C.W. 2013. Florestas estacionais e áreas de ecótono no estado do Tocantins, Brasil: parâmetros estruturais, classificação das fitofisionomias florestais e subsídios para conservação. *Acta Amazonica* 43(3): 261-290.
- Haridasan, M. 2000. Nutrição mineral das plantas nativas do cerrado. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 12(1):54–64.
- Hijmans, R., Cameron, S., Parra, J., Jones, P., & Jarvis, A. 2005. The WorldClim interpolated global terrestrial climate surfaces. Version 1.3. Consultado em <http://www.worldclim.org>
- Hillebrand, H. 2004. On the generality of the latitudinal diversity gradient. *The American Naturalist*. 163(2): 192–211. doi:10.1086/381004. PMID 14970922.
- Hsieh, T.C., Ma, K.H. & Chao, A. 2014. *iNEXT: iNterpolation and EXTrapolation for species diversity*. R package, versão 2.0. Disponível em: URL:<http://chao.stat.nthu.edu.tw/blog/software-download>.
- Hubbell, S.P. 2005. Neutral theory in community ecology and the hypothesis of functional equivalence. *Functional Ecology* 19:166–172.
- Hugget, J.R. 1995. *Geocology: an evolutionary approach*. London and New York, Routledge.
- IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 2011. Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite. Brasília, IBAMA.
- Ivanauskas, N.M., Monteiro, R. & Rodrigues, R.R. 2004. Estrutura de um trecho de floresta amazônica na bacia do alto rio Xingu. São Paulo, *Acta Amazonica* 34(2): 275-299.
- Ivanauskas, N.M., Monteiro, R. & Rodrigues, R.R. 2008. Classificação fitogeográfica das florestas do Alto Rio Xingu. *Acta Amazonica* 34: 387-402.
- Jabot, F., Etienne, R. S. & Chave, J. 2008. Reconciling neutral community models and environmental filtering: theory and an empirical test. *Oikos*, 117, 1308-1320.

- Jansson, R. 2003. Global patterns in endemism explained by past climatic change. *Proc. Roy. Soc. London, Ser. B, Biol. Sci.* 270: 583-590.
- Kilca, R.V., Schiavini, I. & Monteiro, G.A. 2014. Padrões florísticos em dois tipos de florestas estacionais no Cerrado. *Biosci. J.* 30(3):903-913.
- Kunz, S.H., Ivanauskas, N.M, Martins, S.V., Silva, E. & Stefanello, D. 2008. Aspectos florísticos e fitossociológicos de um trecho de Floresta Estacional Perenifolia na Fazenda Trairão, Bacia do Rio das Pacas, Querência-MT. *Acta Amazonica* 38(2): 245-254.
- Ledru, M.P. 2002. Late Quaternary history and evolution of the Cerradões as revealed by palynological records. *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a Neotropical savanna* (ed. by P.S. Oliveira and R.J. Marquis). Columbia University Press, New York. p. 33–50.
- Ledru, M.P. 1993. Late Quaternary environmental and climatic changes in central Brazil. *Quaternary Research* 39:90-98.
- Legendre, P., Borcard, D. & Roberts, D.W. 2012. Variation partitioning involving orthogonal spatial eigenfunction submodels. *Ecology*, 93:1234–1240.
- Legendre, P., Gallagher, E.D. 2001. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia* 129: 271–280.
- Legendre, P., Oden, N.L., Sokal, R.R., Vaudor, A. & Kim. J. 1990. Approximate analysis of variance of spatially autocorrelated regional data. *J. Classific.* 7: 53–75.
- Leibold, M.A. & McPeck, M.A. 2006. Coexistence of the niche and neutral perspectives in community ecology. *Ecology* 87 (6), 1399-1410.
- Lieberman, M., Lieberman, D., Hartshorn, G.S., Peralta, R. 1985. Small-scale altitudinal variation in lowland wet tropical forest vegetation. *Journal of Ecology* 73(2):505-516.
- Linares-Palomino, R., Pennington, R.T., and Bridgewater, S. 2003. The phytogeography of the seasonally dry tropical forests in Equatorial South America, *Candollea*, 58:473.
- Linares-Palomino, R., A.T.Oliveira-Filho, and R.T.Pennington. 2011. Neotropical seasonally dry forests: diversity, endemism and biogeography of woody plants. In: *Seasonally dry tropical forests: ecology and conservation*. (R. Dirzo, H. S. Young, H. A. Mooney, and G. Ceballos, eds). Island Press, Washington, DC. p. 3–21.
- Machado, E.L.M., Oliveira-Filho, A.T., Berg, E.V.D., Carvalho, W.A.C., Souza, J.S., M., J.J.G.S.M., & Calegário, N. 2008. Efeitos do substrato, bordas e proximidade espacial na estrutura da comunidade arbórea de um fragmento florestal em Lavras, MG. *Brazilian Journal of Botany*, 31(2), 287-302. doi:10.1590/S0100-84042008000200011
- Marimon, B.S., Felfili, J.M. & Haridasan, M. 2001a. Studies in monodominant forests in eastern Mato Grosso, Brasil: I. A forest of *Brosimum rubescens* Taub. *Edinburgh Journal of Botany* 58(1): 123-137.
- Marimon, B.S., Felfili, J.M. & Haridasan, M. 2001b. Studies in monodominant forests in eastern Mato Grosso, Brasil: II. A forest in the Areões Xavante Reserve. *Edinburgh Journal of Botany* 58(3): 483-497.
- Mayle, F.E. 2006. The late quaternary biogeographical history of South American seasonally dry tropical forests; insights from paleo-ecological data. In: Pennington, T. R., Lewis, G. P., Ratter, J. A. (Eds). *Neotropical savannas and seasonally dry forests: plant diversity, biogeography, and conservation*, London: Taylor & Francis.
- McCune, B., & Grace, J.B.. 2002. *Analysis of ecological communities*. MjM, Glenden Beach, USA.
- McCune, B., & Mefford, M. J. 2011. *PC-ORD – multivariate analysis of ecological data, version 6.0*. MjM Software Design, Glenden Beach, USA.

- Mews, H.A., Marimon, B.S., Pinto, J.R.R. & Silvério, D.V. 2011. Dinâmica estrutural da comunidade lenhosa em Floresta Estacional Semidecidual na transição Cerrado-Floresta Amazônica, Mato Grosso, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 25(4):845-857.
- MMA, 2006. Mapas de cobertura vegetal dos biomas brasileiros. Brasília, DF: Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Ministério do Meio Ambiente-MA, (<http://www.mma.gov.br>).
- Mori, S.A., Boom, B.A., Prance, G.T. 1981. Distribution patterns and conservation of eastern Brazilian coastal forest tree species. *Brittonia* 33: 233–245.
- Moura, I.O., Gomes-Klein, V.L., Felfili, J.M., Ferreira, H.D. 2010. Diversidade e estrutura comunitária de cerrado sensu stricto em afloramentos rochosos no Parque Estadual dos Pireneus, Pirenópolis, Goiás. *Revista Brasileira de Botânica* 33:455-467.
- Murphy, P.G. & Lugo, A.E. 1995. Dry forests of Central America and the Caribbean, in *Seasonally Dry Tropical Forests*, Mooney, H.A., Bullock, S.H., and Medina, E., Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 146.
- Mutke, J. & Barthlott, W. 2005. Patterns of vascular plant diversity at continental to global scales. *Biol. Skr.* 55: 521-531. ISSN 0366-3612. ISBN 87-7304-304-4.
- Nakagawa, S. & Schielzeth, H. 2013. A general and simple method for obtaining  $R^2$  from generalized linear mixed-effects models. *Methods Ecol. Evol.* 4: 133–142.
- Neves, D.M., Dexter, K.G., Pennington, R.T., Bueno M.L., Oliveira Filho, A.T. 2015. Environmental and historical controls of floristic composition across the South American Dry Diagonal. *Journal of Biogeography* doi:10.1111/jbi.12529.
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P.R., O'Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., Stevens, M.H.H. & Wagner, H. 2013. *vegan: Community Ecology package*. Available at: <http://vegan.r-forge.r-project.org> (accessed 26 April 2014).
- Oliveira-Filho, A.T. & Ratter JA. 2002. Vegetation Physiognomies and Woody Flora of the Cerrado Biome. In: Oliveira PS, Marquis RJ. (eds.) *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna*. New York, Columbia University Press. p. 93-120.
- Oliveira-Filho, A.T. 2014. NeotropTree, Flora arbórea da América do Sul cisandina tropical e subtropical: Um banco de dados envolvendo biogeografia, diversidade e conservação. Universidade Federal de Minas Gerais. Available at: <http://www.icb.ufmg.br/treetlan/> (accessed 02 Feb 2015).
- Oliveira-Filho, A.T., & Fontes, M.A.L. 2000. Patterns of floristic differentiation among Atlantic forests in southeastern Brazil, and the influence of climate. *Biotropica* 32: 793–810.
- Oliveira-Filho, A.T., Budke, J.C., Jarenkow, J.A., Eisenlohr, P.V., & Neves, D.R.M. 2013. Delving into the variations in tree species composition and richness across South American subtropical Atlantic and Pampean forests. *J. Plant Ecol.* <http://dx.doi.org/10.1093/jpe/rtt058> pages 1-23.
- Oliveira-Filho, A.T., Jarenkow, J.A., Rodal, M.J.N. 2006. Floristic relationships of seasonally dry forests of eastern South America based on tree species distribution patterns. In R. T. Pennington, G. P. Lewis, and J. A. Ratter (Eds.). *Neotropical savannas and dry forests: Plant diversity, biogeography, and conservation*, Taylor & Francis CRC Press, Oxford, UK. p. 159–192.
- Oliveira-Filho, A.T., Curi, N., Vilela, E.A. & Carvalho, D.A. 1998. Effects of canopy gaps, topography and soils on the distribution of woody species in a Central Brazilian deciduous dry forest. *Biotropica* 30: 362-375.

- Oliveira-Filho, A.T. & Ratter, J.A. 1995. A study of the origin of Central Brazilian forests by the analysis of plants species distribution patterns. *Edinburgh Journal of Botany*, 52: 141-194.
- Pennington, R.T., Lavin, M. & Oliveira-Filho, A. 2009. Woody plant diversity, evolution, and ecology in the tropics: perspectives from Seasonally Dry Tropical Forests. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 40:437–57.
- Pennington, R.T. & Dick, C.W. 2004. The role of immigrants in the assembly of the South American rainforest tree flora. *Philosophical Transactions of the Royal Society London, Series B: Biological Sciences* 359: 1611–1622.
- Pennington, R.T., Lavin, M., Prado, D.E., Pendry, C.A., Pell, S.K. & Butterworth, C.A. 2004. Historical climate change and speciation: Neotropical seasonally dry forest plants show patterns of both Tertiary and Quaternary diversification. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 359, 515–538.
- Pennington, R.T., Lewis, G.P., & Ratter, J.A. 2006. An overview of the plant diversity, biogeography and conservation of Neotropical savannas and seasonally dry forests. In: Pennington, R.T., Lewis, G.P., and Ratter, J.A. (eds.) *Neotropical savannas and seasonally dry forests: plant diversity, biogeography, and conservation*. CRC Press, Boca Raton, U.S.A. pp. 1-29.
- Pennington, R.T., Prado, D.E. & Pendry, C.A. 2000. Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. *Journal of Biogeography* 27(2): 261-273.
- Pereira, B.A.S., Venturoli, F. & Carvahó, F.A. 2011. Florestas estacionais no Cerrado: uma visão geral. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 41(3): 446-455.
- Peres-Neto, P. R. & P. Legendre. 2010. Estimating and controlling for spatial structure in the study of ecological communities. *Global Ecol. Biogeogr.* 19: 174–184.
- Perret, M., Chautems, A., Spichiger, R., Barraclough, T.G. & Savolainen, V.. 2007. The geographical pattern of speciation and floral diversification in the Neotropics: the tribe Sinnungieae (Gesneriaceae) as a case study. *Evolution* 61: 1641–1660.
- Pinheiro, J., D. Bates, S. Debroy, & D. Sarkar. 2011. nlme: Linear and nonlinear mixed effects models. R package version 3.1-100, Vienna, Austria.
- Pinto-da-Rocha, R., Silva, M.B. & Bragagnolo, C. 2005. Faunistic similarity and historic biogeography of the harvestmen of southern and southeastern Atlantic rain forest of Brazil. *The Journal of Arachnology* 33: 290–299.
- Prado, D.E. & Gibbs, P.E. 1993. Patterns of species distributions in the dry seasonal forests of South America. *Annals of Missouri Botanic Gardens*, 80: 902-927.
- Prance, G.T. 1982. A review of the phytogeographic evidences for Pleistocene climate changes in the Neotropics. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 69: 594–624.
- Queiroz, L.P. 2006. The Brazilian Caatinga: phytogeographical patterns inferred from distribution data of the Leguminosae. In: Pennington, R.T, Lewis, G.P, Ratter, J.A. eds. *Neotropical savannas and seasonally dry forests: plant diversity, biogeography and conservation*. The Systematics Association Special Volume, Series 69. Boca Raton: CRC Press. p.121– 157.
- R Development Core Team 2015. R: A language and environment for statistical computing. ver. 3.1.3. In. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Raij, B.V. 1981. Avaliação da fertilidade do solo. 1st ed., Piracicaba, SP: Instituto da Potassa & Fosfato: Instituto Internacional da Potassa, p. 142.
- 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(01):57–109.
- Ratter, J.A., Richards, P.W., Argent, G. & Gifford, D.R., 1973b. Observations on the vegetation of north eastern Mato Grosso, 1. The woody vegetation types of the

- Xavantina-Cachimbo expedition area. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 226:449–492.
- Ribeiro, J.F. & Walter, B.M.T. 2008. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: *Cerrado: ecologia e flora* (Sano, S. M., Almeida, S. P. de & Ribeiro, J. F., eds.). Embrapa Cerrados, Brasília, p. 151-212.
- Rizzini, C.T. 1963. Nota prévia sobre a divisão fitogeográfica do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia* 25: 1–64.
- Rossato, D.R., Carvalho, F.A., & Haridasan, M. 2015. Soil and leaf nutrient content of tree species support deciduous forests on limestone outcrops as a eutrophic ecosystem. *Acta Botanica Brasilica* 29(2):231-238. <https://dx.doi.org/10.1590/0102-33062014abb0039>
- Rousseeuw, P., Struyf, A. & Hubert, M., 2014. cluster: Cluster Analysis Extended Rousseeuw *et al.* (<http://cran.r-project.org/web/packages/cluster/index.html>).
- Ruggiero, P.G.C., Batalha, M.A., Pivello, V.R. & Meirelles, S.T. 2002. Soil vegetation relationships in cerrado (Brazilian Savanna) and semideciduous forest, Southeastern Brazil. *Plant Ecology* 160: 1-116.
- Salgado-Labouriau, M.L.; Barberi, M.; Ferraz-Vicentini, K.R. 1998. A dry climatic event during the Late Quaternary of tropical Brazil. *Review of Paleobot. and Palynology*, 99: 115-129.
- Sanchez, M., Pedroni, F., Eisenlohr, P.V., Oliveira-Filho, A.T. 2013. Changes in tree community composition and structure of Atlantic rainforest on a slope of the Serra do Mar range, Southeastern Brazil, from near sea level to 1000 m of altitude. *Flora* 208: 184–196.
- Sanmartín, I. & Ronquist F. 2004. Southern Hemisphere biogeography inferred by event-based models: plant versus animal patterns. *Systematic Biology* 53: 216–243.
- Santos, R.M., Oliveira-Filho, A.T., Eisenlohr, P.V., Queiroz, P.L., Cardoso, D.B.O.S. & Rodal, M.J.N. 2012. Identity and relationship of the Arboreal Caatinga among other floristic units of seasonally dry tropical forests (SDTF) of north-easter and Central Brazil. *Ecology and Evolution* 2(2): 409-429.
- Scariot, A. & Sevilha, A.C. 2005. Biodiversidade, estrutura e conservação de florestas estacionais decíduais no Cerrado. In: *Cerrado: Ecologia, biodiversidade e conservação* (Scariot, A., Souza-Silva, J.C. & Felfili, J.M., orgs.). Ministério do Meio Ambiente, Brasília. p. 121-139.
- Silva Júnior, M.C., Sousa, M.C., Castelletti C.H.M. 2004. Areas of endemism for passerine birds in the Atlantic forest, South America. *Global Ecology and Biogeography* 13: 85–92.
- Silva Júnior, M.C., Furley, P.A. & Ratter, J.A. 1996. Variation in the tree communities and soils with slope in gallery Forest, Federal District, Brazil. In *Advances in hillslope processes* (M.G. Anderson & S.M. Brooks, eds.) John Wiley & Sons, London, v.1, p.451-469.
- Silva, L.A. & Scariot, A. 2003. Composição florística e estrutura da comunidade arbórea em uma floresta estacional decidual em afloramento calcário (Fazenda São José, São Domingos, GO, Bacia do Rio Paranã). *Acta Botanica Brasilica* 17(2): 305-313.
- Silva, F.A.M., Assad, E.D. & Evangelista, B.A. 2008. Caracterização climática do Bioma Cerrado. In: *Cerrado: ecologia e flora* (Sano, S. M., Almeida, S. P. de & Ribeiro, J. F. eds.). Embrapa Cerrados, Brasília, p. 61-88.
- Simon, M.F., Pennington, R.T. 2012. The evolution of adaptations of woody plants in the savannas of the Brazilian cerrado. *International Journal of Plant Sciences* 173: 711-723.

- Simon, M.F., Pastore, J.F.B., Souza, A.F., Borges, L.M., Scalon, V.R., Ribeiro, P.G., Santos-Silva, J., Souza, V.C., Queiroz, L.P. 2016. Molecular phylogeny of *Stryphnodendron* (mimosoideae, leguminosae) and generic delimitations in the *Piptadenia* group. *International Journal of Plant Sciences* 177:44-59.
- Solórzano, A., Pinto, J.R.R., Felfili, J.M. & Hay, J.D.V. 2012. Perfil florístico e estrutural do componente lenhoso em seis áreas de cerrado ao longo do bioma Cerrado. *Acta Botanica Brasilica* 26(2):328-341.
- Spichiger, R., Calange, C., and Bise, B., Geographical zonation in the Neotropics of tree species characteristic of the Paraguay-Paraná Basin, *J. Biogeogr.* 31, 1489, 2004.
- Struwe, L., Thiv, M., Kadereit, J., Motley, T.J., Pepper, A.S-R, Rova, J., Potgeiter, K., White, P., Albert, V.A. 1998. *Saccifolium* (Saccifoliaceae), an endemic of Sierra de la Neblina on the Brazilian–Venezuelan frontier, is related to a temperate– alpine lineage of *Gentianaceae*. *Harvard Papers in Botany* 3: 199–214.
- ter Braak, C.J.F. 1986. Canonical correspondende analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67(5):1167-1179.
- ter Steege, H., Vaessen, R.W., Cárdenas-López, D., Sabatier, D., Antonelli, A., de Oliveira, S.M., Pitman, N.C.A., Jørgensen, P.M. & Salomão, R.P. 2016. The discovery of the Amazonian tree flora with an updated checklist of all known tree taxa. *Scientific Reports*, 6, 29549.
- Thomas, W.W., Carvalho, A.M.V., Amorim, A.M., Garrison, J. & Santos, T.S. 2008. Diversity of woody plants in the Atlantic coastal forest of southern Bahia, Brazil. In *The Atlantic Coastal Forests of Northeastern Brazil*. Mem. New York Bot. Gard. 100:21-66.
- Tilman, D. 1982. *Resource competition and community structure*. Princeton University Press, New Jersey.
- Tilman, D. 1986. Evolution and differentiation in terrestrial plant communities: the importance of the soil resource: light gradient. In *Community ecology* (J. Diamond & T.J. Case eds.). Harper and Row, New York, p.359-380.
- Tuomisto, H. 2010. A diversity of beta diversities: straightening up a concept gone awry. Part 1. Defining beta diversity as a function of alpha and gamma diversity. *Ecography* (33): 2-22. doi: 10.1111/j.1600-0587.2009.05880.x
- Veloso, H.P., Rangel Filho, A.L.R., & Lima, J.C.A..1991. *Classificação da Vegetação Brasileira, adaptada a um sistema universal*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.
- Vicentini A. 2007. *Pagamea* Aubl. (Rubiaceae), from species to processes, building the bridge. PhD.Dissertation. University of Missouri Saint Louis, Missouri, USA.
- Vieira, D.L.M., Scariot, A., Sampaio, A.B. & Holl, K.D. 2006. Tropical dry forests regeneration from root suckers in central Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 22:353-357.
- Walter, H. 1985. *Vegetation of the earth and ecological systems of the geo-biosphere*, 3rd edn. Springer-Verlag, Berlin.
- Werneck, F.P., Costa, G.C., Colli, G.R., Prado, D.E. & Sites, J.W. 2011. Revisiting the historical distribution of seasonally dry tropical forests: new insights based on palaeodistribution modelling and palynological evidence. *Global Ecology and Biogeography* 20: 272–288.

### **3 - Decifrando os padrões de abscisão foliar associados à diversidade de espécies, estrutura da vegetação arbórea e variações ambientais no núcleo de florestas tropicais sazonalmente secas do Cerrado**

**Resumo:** O objetivo desse estudo foi verificar o quanto os ciclos e métricas fenológicas, obtidas através de Índice de Vegetação Melhorado (EVI), podem prever as variações de diversidade (alfa e beta) de espécies e da estrutura da vegetação arbórea (densidade e área basal) em Florestas Tropicais Sazonalmente Secas (FTSS) do Cerrado. Para tanto, usamos análise de agrupamento e ordenação para definir grupos fenológicos (sítios de FTSS com ciclos fenológicos similares) e grupos fitofisionômicos (remanescentes similares em composição e densidade de espécies arbóreas) e avaliamos a relação entre os grupos através de PERMANOVA, teste de Mantel e Monte Carlo. Verificamos o quanto que sete métricas fenológicas representam os grupos fenológicos e fitofisionômicos através de ANOVA e teste Tuckey e modelos aditivos generalizados. Através de regressões lineares simples e teste de correlação de Pearson determinamos as relações das métricas fenológicas e a diversidade (alfa) de espécies arbóreas e a estrutura da vegetação (densidade e área basal). Por fim, modelamos os controles de preditores ambientais sobre a variação anual e mensal do EVI no período de 13 anos (2001 a 2013) em 84 remanescentes. Identificamos quatro grupos fenológicos em que a abscisão foliar difere significativamente, assim como expressivas diferenças dos ciclos fenológicos entre remanescentes dos oito grupos fitofisionômicos detectados para o núcleo de FTSS do Cerrado. Verificamos que três métricas fenológicas (amplitude do EVI, valor de base do ciclo, produtividade sazonal) são eficientes para representar a variação da diversidade (alfa e beta) de espécies e da área basal da vegetação. Os principais controles dos níveis de abscisão foliar dos remanescentes foram atribuídos à precipitação e a disponibilidade de nutrientes dos solos. Em escala temporal mais refinada, verificamos que a abscisão foliar dos remanescentes de FTSS no contato do Cerrado com a Mata Atlântica, está relacionada ao declínio da temperatura média mensal da estação seca. Já nos remanescentes da área central e dos contatos com a Amazônia e com a Caatinga, a abscisão foliar está relacionada à elevação da temperatura na estação seca. Portanto, é importante verificar as interações das variações mensais da fenologia foliar com as variações climáticas mensais de cada setor do Cerrado para aferir sobre a abscisão foliar das FTSS do Cerrado.

**Palavras-chave:** biomas, clima, contatos, Mata Seca, MODIS, solos.

### 3.1 – Introdução

Fenologia foliar é um termo usado para descrever os eventos cíclicos naturais das plantas, como a produção e queda de folha, sendo considerado um importante fenômeno controlador do fluxo do carbono, que afeta o tempo e quantidade da produção primária em escala regional (Myneni *et al.* 1997). Dados de fenologia foliar detectados remotamente fornecem informações temporalmente ricas e espacialmente explícitas sobre a dinâmica da vegetação e dos padrões da paisagem em escala regional (Justice *et al.* 1985, Jönsson & Eklundh 2004). As métricas fenológicas, que representam parâmetros biofísicos da interação entre o dossel e o meio biótico, são eficientes para aperfeiçoar os limites e transições entre ecossistemas e biomas tropicais (Wessels *et al.* 2011), uma vez que os controles ambientais sobre os ciclos da fenologia foliar variam de acordo com a região geográfica (Wagner *et al.* 2016, Boke-Olén *et al.* 2016).

A temperatura e a duração do fotoperíodo são apontadas em ecossistemas temperados com as principais variáveis controladoras da fenologia (Schwartz & Reiter 2000, Richardson *et al.* 2013). Em ambientes tropicais úmidos, o aumento da radiação solar na estação seca promove a elevação da capacidade fotossintética do dossel e, conseqüentemente, a produção de biomassa vegetal (Huete *et al.* 2006). No entanto, poucos estudos sobre a fenologia foliar foram realizados em ecossistemas com restrições hídricas sazonais, como as Florestas Tropicais Sazonalmente Secas (FTSS) (Wessels *et al.* 2011, Wolhfart *et al.* 2014, Wagner *et al.* 2016), embora compreendam cerca de metade das formações florestais na região tropical e estejam entre os ecossistemas mais ameaçados do mundo (Hoekstra *et al.* 2005, Miles *et al.* 2006).

Os principais sistemas de classificação e de mapeamento mundiais de vegetação dividem as FTSS em três tipos principais: FTSS Decíduas (abscisão foliar sinconizada em > 70% do dossel no auge da estação seca), FTSS Semidecíduas (abscisão foliar de 70% a 20% do dossel) e FTSS Sempre-Verde (abscisão foliar < 20% do dossel) (Smith & Johnston 1945, Beard 1955, Rizzini 1963, Veloso & Góes-Filho 1982, Eiten 1983). Na parte central do Brasil existem dificuldades para se mapear e diferenciar a fenologia e as variações na composição florística das FTSS do Cerrado (Oliveira-Filho *et al.* 2006), seja nas áreas de tensão ecológica entre savana e floresta (Toledo *et al.* 2011) ou contatos com outros biomas do Brasil (Ratter *et al.* 1973). Classificar as FTSS do Cerrado com base na fenologia pode ser uma tarefa árdua considerando que na mesma região podem ser encontrados trechos decíduos e semidecíduos de florestas, devido

variações do relevo e propriedades dos solos (Oliveira-Filho *et al.* 2006). Assim, mapas em escala global tendem a negligenciar as FTSS do Cerrado (Miles *et al.* 2006), outros focados na região Neotropical delimitam de forma grosseira seus remanescentes (Pennington *et al.* 2000) e os mapeamentos locais são imprecisos em relação às variações florísticas e à fenologia foliar (Sano *et al.* 2008, Portillo-Quintero & Sánchez-Azofeifa 2010, IBAMA 2011).

Sistemas de classificação e mapas em escalas baseadas nas diferenças do comportamento fenológico e da composição-estrutural dos remanescentes são essenciais para o desenvolvimento de estratégias de conservação e manejo das FTSS, como a determinação de áreas prioritárias para a conservação. Aqui, buscamos relacionar os ciclos da fenologia foliar e suas métricas fenológicas de 84 sítios, extraídas de séries temporais do Índice de Vegetação Melhorado (EVI – *Enhanced Vegetation Index*), com a variação na composição e densidade das espécies arbóreas (diversidade beta), estrutura da vegetação (densidade e área basal) e diversidade local de espécies do componente arbóreo de FTSS do Brasil Central. Além disso, buscamos decifrar como as características do clima e do meio físico (solo e relevo) contribuem na variação espacial e temporal da intensidade de deciduidade de remanescentes de FTSS da área nuclear do Cerrado, assim como nos contatos com a Caatinga, Amazônia e Mata Atlântica.

Acreditamos que os gradientes nos ciclos de fenologia foliar dos remanescentes da região central e marginal do Cerrado (transição com outros biomas) podem ser resumidos em grupos fenológicos similares aos oficialmente reconhecidos para o Brasil (FTSS decídua, FTSS semidecídua e FTSS sempre-verde, *sensu* IBGE 2012) e localmente para o Cerrado (Mata Seca decídua, Mata Seca semidecídua e Mata Seca sempre-verde, *sensu* Ribeiro & Walter 2008). Assim, elaboramos a hipótese que as variações nos ciclos fenológicos das FTSS acompanham as variações na composição florística e no tamanho das populações (densidade) das espécies arbóreas (devorante denominada composição florística-estrutural). De forma complementar, avaliamos como as variações nas métricas fenológicas acompanham a oscilação da diversidade local de espécies e da densidade e área basal da vegetação. Em seguida verificamos a influência do clima e da disponibilidade de nutrientes dos solos sobre a intensidade da deciduidade anual das formações de FTSS. E, por fim, avaliamos as direções e intensidades das influências mensais de temperatura e precipitação sobre os ciclos da fenologia foliar das FTSS entre as formações florestais da área nuclear e contatos do

Cerrado, buscando esclarecer se os gradientes fenológicos e interações biofísicas são determinados pela proximidade com os domínios morfoclimáticos do Brasil.

Ao avaliar essas interações buscamos responder quesitos de suma importância para a conservação e manejo das FTSS do Cerrado: (i) As séries temporais de EVI, e suas métricas, têm relação direta com a variação da diversidade de espécies arbóreas e estrutura da vegetação? (ii) Quais variáveis explicam melhor a variação na amplitude da abscisão foliar (deciduidade) entre as diferentes formações de FTSS do Cerrado? (iii) A influência da variação mensal de precipitação e da temperatura no ciclo da fenologia foliar é similar dentro e entre os grupos fitofisionômicos? (iv) A variação na fenologia foliar das distintas formações é suficiente para subsidiar o mapeamento das FTSS dentro do bioma Cerrado, abrangendo toda heterogeneidade na composição florística-estrutural e ambiental?

## **3.2 – Materiais e Métodos**

### **3.2.1 – Área de estudo**

Focamos nosso estudo entre as coordenadas 4° e 23° S de latitude e 57° e 41° W de longitude, na área core do Cerrado e nas faixas de transição e contato com outros três biomas brasileiros (Mata Atlântica, Amazônia e Caatinga), onde selecionamos 84 remanescentes de FTSS, considerando apenas as Florestas Estacionais ou Matas Secas (*sensu* Ribeiro & Walter 2008). Detalhes sobre a seleção e características dos sítios estão disponíveis no item 2.2.1.

### **3.2.2 – Obtenção dos dados de composição, estrutura e diversidade de espécies**

Utilizamos dados de inventários quali-quantitativos para determinar a composição florística-estrutural, a estrutura da vegetação (densidade e área basal) e a diversidade de espécies arbóreas (DAP > 5 cm) em 84 remanescentes de comunidades de FTSS. A elaboração da matriz da composição florística-estrutural está detalhado no item 2.2.2. Obtivemos as medidas de diversidade de espécies de cada remanescente por meio das curvas de rarefação e extrapolação dos três primeiros números de Hill (Chao *et al.* 2014). Detalhes sobre definição e obtenção das medidas de diversidade estão disponíveis no item 2.2.7. Para cada sítio calculamos os parâmetros de densidade e área basal absolutas da vegetação por hectare (Mueller Dombois & Ellenberg 1974).

### 3.2.3 – Índice de vegetação melhorado e métricas fenológicas das séries temporais (2001 a 2013)

Utilizamos dados de sensoriamento remoto de resolução espacial (VHR) através do Google Earth (GE, Versão 6.2.2) para realizar a interpretação remota da integridade da cobertura vegetal dos 84 remanescentes de FTSS no ano de 2013. Em seguida, considerando as coordenadas centrais das amostras nos 84 sítios, obtivemos séries temporais de EVI, distribuídas em intervalos de 16 em 16 dias entre janeiro de 2001 a dezembro de 2013, através do produto MOD13Q1 do sensor MODIS, coleção 5 (versão 4), *tile* h13v10. Todas as séries foram obtidas no sítio do Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG - <http://maps.lapig.iesa.ufg.br/lapig.html>) da Universidade Federal de Goiás (UFG). Essas séries possuem resolução espacial de 250 metros e periodicidade de 16 dias (Huete *et al.* 2002), sendo que para cada remanescente obtivemos 299 valores de EVI que foram calculados conforme a seguinte equação (Huete *et al.* 2002):

$$EVI = \frac{2,5 * PNIR - PRED}{PNIR + 6 * PRED - 7,5 * PBLUE + 1}$$

onde: *PNIR*, *PRED*, *PBLUE* são os fatores de reflectância bidirecional de superfície para bandas do infravermelho próximo (NIR), do vermelho (RED) e do azul (BLUE), respectivamente.

As séries temporais, por apresentarem ruídos causados pela presença de nuvens durante a passagem do satélite, foram suavizadas através do programa *TIMESAT* (Jönsson & Eklundh 2004), por meio do filtro denominado logística dupla (Figura 3.1). Esse filtro apresentou o melhor desempenho após intensivos testes realizados para separação de fitofisionomias do Cerrado através de séries temporais de índices de vegetação (Borges *et al.* 2014; Bayma & Sano 2015). O filtro de logística dupla corresponde à função harmônica e polinomial, cuja formulação matemática determina os pontos de inflexão e as taxas de variação de cada ciclo suavizando as curvas das séries temporais (Jönsson & Eklundh 2004). De acordo com esses autores o início do período de crescimento corresponde a semana do ano em que o eixo à esquerda da função de ajuste aumenta em 20% da amplitude total do período de crescimento (Figura 3.1). O fim do período de crescimento corresponde à semana do ano em que o eixo à direita da função de ajuste diminui em 20% da amplitude do período de crescimento.

Após filtrar as séries temporais e determinar o início e fim dos períodos de crescimentos, obtivemos sete parâmetros biofísicos dos 84 sítios ao extrair métricas fenológicas para os doze ciclos completos de crescimento, ou seja, para cada ciclo fenológico, utilizando o programa TIMESAT (Jönsson & Eklundh 2004). As métricas extraídas foram: valor de base, amplitude, comprimento do período de crescimento vegetativo (em semanas), taxas de verdejamento (rebrotas) e senescência (perda de folhas), respectivamente, no início e no fim do período de crescimento vegetativo (derivadas da esquerda e da direita), integral maior (produtividade total) e integral menor (produtividade sazonal) (Figura 3.1; Tabela 3.1).

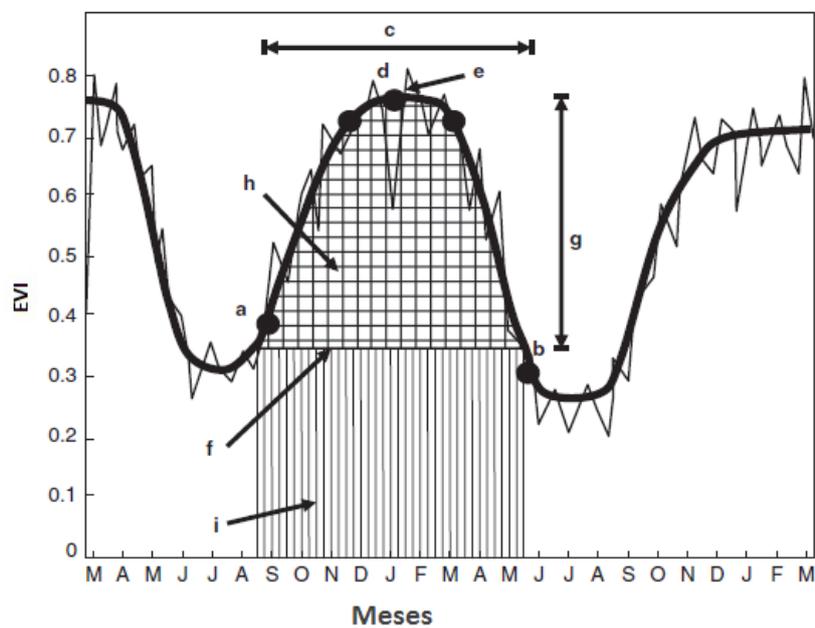


Figura 3.1 - Séries temporais dos valores brutos (—) e filtrados (—) do Índice de Vegetação Melhorado (EVI – *Enhanced Vegetation Index*) e métricas fenológicas extraídas no programa *Timesat*. Modificado de Wessels *et al.* (2011). (a) Início da estação de crescimento, (b) Final da estação de crescimento, (c) Comprimento da estação de crescimento, (d) Meio da estação de crescimento, (e) Valor máximo de EVI, (f) Valor de base do período de crescimento, (g) Amplitude do EVI, (h) Integral menor (área sob a curva de função de ajuste relativa ao início e ao final do período de crescimento a partir do nível de base do período de crescimento que representa a produtividade sazonal), (i) Integral maior (área sob a curva de função de ajuste relativa ao início e ao final do período de crescimento que representa a produtividade total).

Tabela 3.1 – Definição e representação ecológica de sete métricas fenológicas derivadas dos ciclos de fenologia foliar de 84 sítios de Florestas Tropicais Sazonalmente Secas (FTSS) do bioma Cerrado.

<b>Métrica fenológica</b>	<b>Definição e representação ecológica</b>
Valor de base	Média dos valores mínimos de EVI antes do início e depois do final do período de crescimento. Representa a biomassa estável da formação vegetal.
Amplitude	Diferença entre o valor de base e o EVI máximo. Representa a intensidade da deciduidade da formação vegetal.
Comprimento	É dado pelo tempo, em semanas, entre o início e o fim do período de crescimento. Representa o período no qual a vegetação produz biomassa.
Verdejamento	Razão da diferença entre 80% e 20% da amplitude total dos períodos de crescimento (derivada à esquerda). Sua unidade é dada em unidade em valores de EVI/tempo (semanas). Representa a intensidade de rebrotação da vegetação.
Senescência	Razão da diferença entre 80% e 20% da amplitude total dos períodos de senescência (derivada à direita). Sua unidade é dada em unidade em valores de EVI/tempo (semanas). Representa a intensidade da perda foliar da vegetação.
Integral maior	Corresponde à área sob a curva de função de ajuste relativa ao início e ao final do período de crescimento. Representa a produtividade total de cada ciclo.
Integral menor	Corresponde à área sob a curva de função de ajuste relativa ao início e ao fim do período de crescimento a partir do nível de base do período de crescimento. Representa a produtividade sazonal do período de crescimento.

Elaboramos três matrizes com as informações fenológicas, nas quais a primeira coluna conteve os 84 sítios. Na primeira matriz, preenchemos as células com 299 valores filtrados de EVI (distribuídos em intervalos de 16 em 16 dias no período de 1 de janeiro de 2001 a 31 de dezembro de 2013). Na segunda matriz, preenchemos as células com 156 valores filtrados de EVI, referente ao valor médio mensal durante 13 anos. Na terceira preenchemos as células com valores das métricas fenológicas nos 12 ciclos completos de fenologia foliar.

### **3.2.4 – Obtenção das séries temporais mensais de precipitação e temperatura**

Entre os satélites destinados ao monitoramento da precipitação mundial destaca-se a plataforma do *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM), produto 3B43 versão 7, em uma resolução espacial de 0,25° (<http://trmm.gsfc.nasa.gov>), que está em operação desde dezembro de 1997 (Kummerow *et al.* 2000). O TRMM tem como objetivo avaliar diversas características da precipitação em regiões tropicais e

subtropicais, possibilitando a aquisição de dados de maneira sistemática. Pesquisas que buscam associar as medidas de precipitação obtida por satélite com as observações terrestres das estações meteorológicas da América do Sul têm demonstrado bom desempenho dos modelos gerados pelo TRMM (Rozante *et al.* 2010).

As informações utilizadas para a análise multitemporal da temperatura de superfície (TS) foram provenientes do sensor MODIS, produto MOD11A2 (Land Surface Temperature - LST), coleção 5, com resolução espacial de 1km. A informação de temperatura de superfície produzida pelo sensor MODIS utiliza o *day/night LST algorithm* para o cálculo da temperatura da superfície e foi validada a partir de imagens MAS (*Modis Airborne Simulator*) e por mensurações de campo (Wan *et al.* 1998). O produto MOD11A2 mostrou-se adequado ao monitoramento da TS em âmbito regional do Cerrado, confirmando a possibilidade de uso de sensores orbitais (com cobertura espacial e temporal variada), como instrumentos auxiliares na coleta de dados termais (Santos *et al.* 2011). A influência sazonal, assim como ocorre com outros componentes físicos da paisagem do Cerrado, mostrou-se evidente na variável biofísica da temperatura de superfície (Santos *et al.* 2011).

Obtivemos as medidas mensais de precipitação e temperatura entre os anos de 2001 e 2013, das duas plataformas citadas (TRMM e MODIS11A2, respectivamente), no site do Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG - <http://maps.lapig.iesa.ufg.br/lapig.html>) da Universidade Federal de Goiás (UFG). Elaboramos uma matriz com os 84 sítios na primeira linha e preenchemos as células com a série temporal de 156 valores médios mensais de precipitação e temperatura de janeiro de 2001 a dezembro de 2013.

### **3.2.5 – Obtenção de dados geoambientais**

A base de dados geoambientais foi formada por 28 variáveis. As fontes e forma de elaboração da base de dados geoambientais está detalhada no item 2.2.2.

### **3.2.6 – Os grupos fenológicos e sua relação com os grupos fitofisionômicos**

Para determinar os grupos fenológicos (GFEN) e fisionômicos (GF) analisamos agrupamentos usando o método hierárquico aglomerativo por média (UPGMA - *unweighted pair group method with arithmetic mean*) (Oksanen *et al.* 2013). Utilizamos a distância euclidiana para cálculo da similaridade da fenologia foliar (calculada a partir

da matriz com 299 valores filtrados de EVI). Para o agrupamento das comunidades de FTSS usamos a distância de Bray-Curtis (Oksanen *et al.* 2013). A rotina de procedimentos para usar UPGMA está disponível no item 2.2.3.

Verificamos as significâncias dos agrupamentos por análises de variância não-paramétricas (PERMANOVA) obtidos no pacote *vegan* (Oksanen *et al.* 2013) com 999 permutações, no programa R (R Development Core Team 2015). Aplicamos PERMANOVA de forma direta e cruzada, buscando decifrar o quanto as matrizes de similaridade (fenologia foliar e fitofisionômicas) são explicadas por ambos agrupamentos (quatro grupos fenológicos e oito grupos fitofisionômicos) (Oksanen *et al.* 2013). Os ciclos de fenologia foliar (valores filtrados de EVI) dos remanescentes dos GFEN e GF, no período de 13 anos (2001 a 2013) foram apresentados em gráficos para auxiliar a compreensão dos padrões encontrados.

Em seguida, realizamos o escalonamento multidimensional não métrico (NMDS - *non-metric multidimensional scaling*), para reduzir a dimensionalidade dos dados das séries temporais do EVI e da vegetação, com o pacote *vegan* (Oksanen *et al.* 2013) com 999 permutações, no programa R (R Development Core Team 2015). Buscamos determinar os gradientes da fenologia foliar (a partir de agora tratado como gradiente fenológico – NMDS\_FEN) e da composição florística-estrutural da vegetação (gradiente fitofisionômico – NMDS\_FIT). As matrizes de similaridade foram calculadas por meio da distância Euclidiana e de Bray-Curtis, respectivamente. Nós confirmamos a estabilidade dos resíduos nas fases finais do processo de iteração de cada ordenação (McCune & Grace 2002) através dos valores de *stress*.

Plotamos duas vezes ambas as ordenações identificando os remanescentes em relação à classificação nos distintos gradientes (NMDS\_FEN e NMDS\_FIT) para auxiliar a interpretação das análises de variância não-paramétrica (PERMANOVA). De forma complementar, avaliamos o quanto ambas as matrizes (fenológica x fitofisionômica) se relacionam através do teste de Mantel (Oksanen *et al.* 2013) e obtivemos a significância estatística através do teste de Monte Carlo (999 permutações) com o pacote *vegan* (Oksanen *et al.* 2013) com 999 permutações, no programa R (R Development Core Team 2015). Realizamos o mesmo procedimento separadamente para cada GF, para detectar quais grupos apresentam remanescentes com maior homogeneidade nos ciclos fenológicos. Através do mesmo método, buscamos

identificar quais GFEN apresentam maior homogeneidade na composição florística-estrutural das espécies arbóreas.

### **3.2.7 – Variações das métricas fenológicas em relação aos gradientes fitofisionômico e da diversidade de espécies e estrutura da vegetação**

Calculamos as médias das sete métricas fenológicas para os GFEN e os GF e testamos diferenças dentro de cada agrupamento através de ANOVA, por meio da função ‘*aov*’ do pacote ‘*car*’ do programa R (R Development Core Team 2015). Ao confirmar diferenças para cada métrica fenológica dentro dos distintos agrupamentos (fenológicos e fitofisionômicos), através do valor de F, ao nível de significância  $\alpha=0,05$ , aplicamos o teste *post-hoc* de Tukey para verificar as comparações pareadas entre os GFEN e os GF.

Usamos modelos aditivos generalizados (GAM – *generalized additive models*) (Oksanen *et al.* 2013) para determinar como e quanto cada métrica fenológica se ajusta aos gradientes (i) fenológicos (detectado pelo NMDS\_FEN) e (ii) fitofisionômicos (detectado pelo NMDS\_FIT), por meio da função ‘*ordisurf*’ do pacote ‘*vegan*’ (Oksanen *et al.* 2013) do R (R Development Core Team 2015). Explicações sobre o GAM estão disponíveis no item 2.2.5. Plotamos as curvas de suavização nos diagramas da NMDS\_FIT para facilitar a interpretação dos efeitos das métricas fenológicas sobre os GF.

Regressões lineares simples e testes de correlação de Pearson foram calculados para verificar a relação das métricas fenológicas com as medidas de diversidade ( $q = 1$ ,  $q = 2$  e  $q = 3$ ) e os parâmetros estruturais (densidade e área basal) dos remanescentes por meio da função ‘*cor.test*’ do pacote ‘*vegan*’ (Oksanen *et al.* 2013) do R (R Development Core Team 2015). A métrica fenológica de melhor ajuste ao gradiente da composição florística-estrutural da vegetação e maior relação com as medidas de diversidade foi selecionada como variável resposta no modelo que avaliou o efeito de preditores ambientais, espaciais e temporais na fenologia foliar.

### 3.2.8 - Modelando a influência do ambiente, do espaço e dos ciclos fenológicos sobre a amplitude da capacidade fotossintética do estrato arbóreo

Modelos lineares de efeito misto (LME – *Linear Mixed-Effects Model*) (Zuur *et al.* 2009) foram utilizados para avaliar os efeitos das variáveis ambientais (clima, relevo e substrato) sobre a amplitude dos ciclos da fenologia foliar dos remanescentes de FTSS do Cerrado (componente fixa do modelo) controlando a autocorrelação espacial e a variação temporal do EVI, através do componente aleatório do modelo. Realizamos duas pré-seleções progressivas usando a função “*forward selection*” do pacote “*packfor*” do programa R (R Development Core Team 2015) para selecionar os preditores mais importantes entre: (i) 44 variáveis ambientais e (ii) 71 filtros espaciais obtidos pelo método MEM (*Moran`s Eigenvector Maps*) (Borcard *et al.* 2011; Eisenlohr 2014). Após essa pré-seleção, realizamos análise de componentes principais (PCA) para verificar e excluir, se necessário, variáveis ambientais redundantes (Eisenlohr 2014). Após esses procedimentos de seleção, nosso modelo saturado foi testado inicialmente com o componente fixo composta por quatro variáveis ambientais: variação anual de temperatura (VAT), precipitação anual média (PMA), precipitação da semana mais úmida (PSU) e saturação por bases (V). O componente aleatório do modelo saturado foi testada com dois filtros espaciais significativos (MEM 1 e MEM 2) e a variação anual da amplitude dentro dos remanescentes (entre os 12 ciclos fenológicos).

Utilizamos o critério de seleção de *Akaike* – AIC (Burnham & Anderson 2002) para testar a significância dos modelos mistos em relação ao modelo linear simples, assim como para selecionar a parte aleatória do modelo. O teste da razão de máximo-verossimilhança (Zuur *et al.* 2009) foi adotado para avaliar a significância parcial das variáveis fixas dos modelos de efeitos mistos. Calculamos o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) marginal do modelo de efeito misto, ou seja, a proporção da variância explicada apenas pelos indicadores fixos (Nakagawa & Schielzeth 2013). Examinamos a dispersão dos resíduos para verificar a premissa de normalidade e de heterocedasticidade (Zar 1999), que foi representada por meio da variação média (box-plot) dos resíduos entre os GF e entre os ciclos fenológicos (anos). Realizamos os procedimentos acima usando a função “*lme*” do pacote “*nlme*” (Pinheiro *et al.* 2011) no programa R (R Development Core Team 2015).

### **3.2.9 – Modelando a influência da sazonalidade da precipitação e da temperatura sobre os ciclos de fenologia foliar**

Usamos modelo de efeitos mistos (LME – *Linear Mixed-Effects Model*) (Zuur *et al.* 2009) para controlar a auto correlação temporal e espacial e testar a influência das médias mensais de temperatura e precipitação nos ciclos de fenologia foliar expresso pela série temporal (2001 a 2013) de valores mensais de EVI dentro e entre os GF. Nosso modelo saturado teve a parte fixa composta pela interação temperatura, precipitação e os GF. Variações na inclinação da curva foram testadas com a parte aleatória do modelo saturado usando dois filtros espaciais (MEM 1 e MEM 2) (Zuur *et al.* 2009). Variações aleatórias de intercepto foram testadas incluindo a variação mensal dos valores de EVI dentro dos remanescentes na porção aleatória do modelo. Foram adotados critérios idênticos aos descritos na modelagem da amplitude para testar a significância e as premissas de validação desse modelo.

## **3.3 – Resultados**

### **3.3.1 – Assinaturas remotas dos ciclos de fenologia foliar em FTSS do Cerrado**

As análises demonstraram significativas variações nos ciclos da fenologia foliar entre os 84 sítios de FTSS do Cerrado (PERMANOVA:  $F = 38,88$ ,  $p = 0,001$ ,  $R^2 = 0,59$ ), com a identificação de quatro grupos fenológicos (GFEN) (Figura 3.2A): FTSS decíduas da borda leste e sudeste (GFENDec1), FTSS decíduas e semidecíduas da região central (GFENDec2); FTSS semidecíduas da borda leste (GFENSEm) e FTSS sempre-verde e semidecíduas da borda oeste (GFENVer). A correlação entre a matriz cofenética e a original foi forte (teste de Mantel: 0,70) e significativa (teste de Monte Carlo:  $p = 0,01$ ).

A NMDS\_FEN com solução bidimensional precisou de seis interações para gerar valor de *stress* de 0,07. Esse valor está dentro da faixa considerada como resultado satisfatório (McCune e Grace 2002). O primeiro eixo da NMDS\_FEN (Figura 3.2B) foi eficaz na separação dos sítios dos dois grupos de FTSS predominantemente decíduas (GFENDec1 e GFENDec2) (Figura 3.2B), na esquerda da ordenação, assim como para separá-los dos remanescentes de FTSS semidecíduas sempre-verde (GFENVer), posicionados no lado oposto. O segundo eixo foi eficiente para separar quatro remanescentes de FTSS semidecíduas (GFENSEm) do nordeste e sudeste do Cerrado dos demais GFEN (Figura 3.2B).

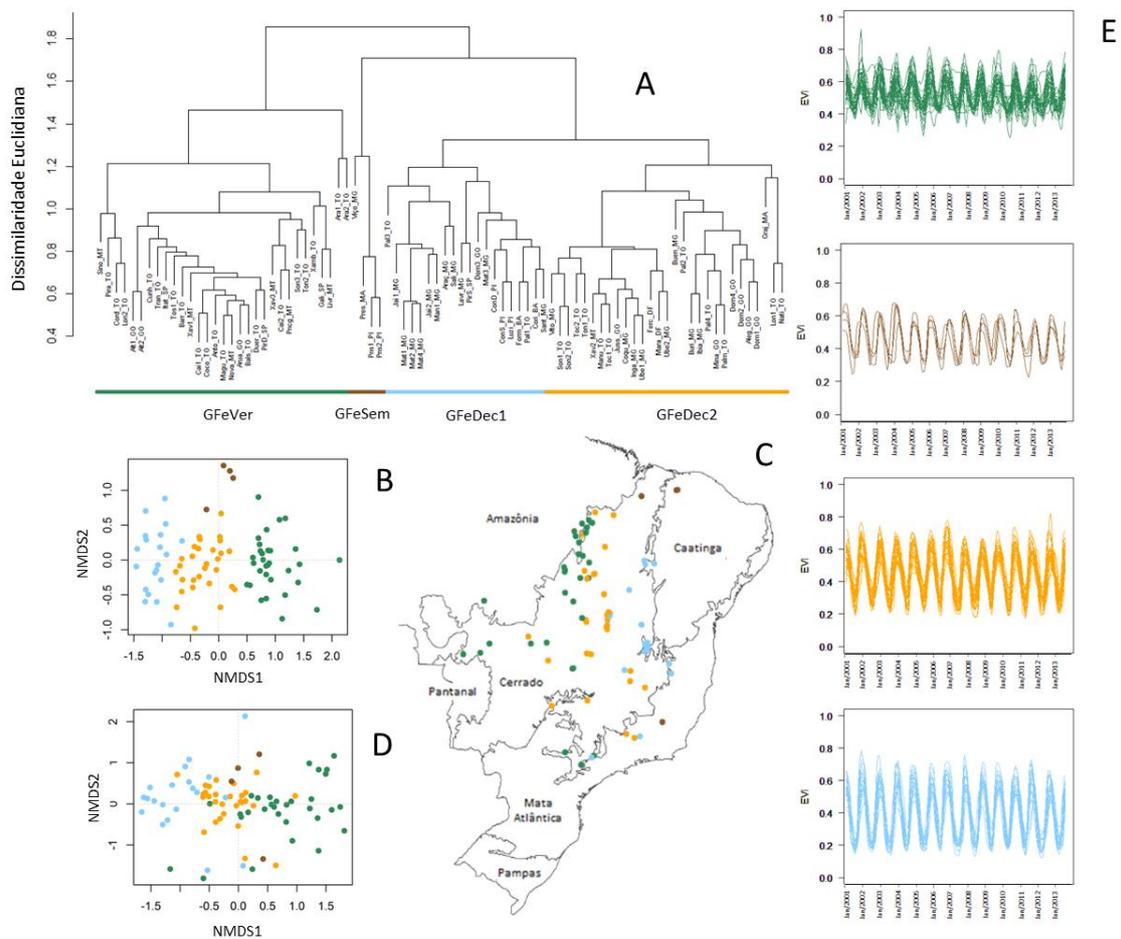


Figura 3.2 – (A) Análise de agrupamento (UPGMA) e (B) Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS\_FEN) baseados na matriz de similaridade euclidiana da capacidade fotossintética (299 valores filtrados de EVI entre janeiro de 2001 e dezembro de 2013, em intervalos de 16 dias) de (C) 84 sítios de floresta tropical sazonalmente seca (FTSS), divididos em quatro Grupos Fenológicos (GFEN), dentro dos limites do Cerrado e suas áreas de transição com a Caatinga, Mata Atlântica e Amazônia. (D) Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS\_FEN) baseados no Índice de Bray-Curtis (similaridade na composição florística-estrutural do estrato arbóreo –  $DAP \geq 5$  cm) de 84 sítios de FTSS, representados pelos GFEN. (E) – Assinaturas da fenologia foliar (séries filtradas de valores mensais de EVI entre os anos de 2001 e 2013) dos sites de cada GFEN. GFENVer = Grupo Fenológico semidecíduo e sempre-verde (verde-escuro), GFENSEm = Grupo Fenológico semidecíduo (marrom), GFENDec1 = Grupo Fenológico decíduo (azul-claro), GFENDec2 = Grupo Fenológico decíduo e semidecíduo (laranja).

Parte do gradiente fenológico das FTSS do Cerrado é controlado pela proximidade com os biomas vizinhos (Figura 3.2) considerando que grupos de FTSS decíduas (GFENDec1) possuem remanescentes concentrados na borda com a Caatinga, enquanto que o grupo das FTSS sempre-verde ocupam os limites do Cerrado com a Amazônia (GFENVer). Ambos os grupos, GFENDec1 e GFENVer, possuem as comunidades com composição florística-estrutural de espécies arbóreas mais homogêneas e com a menor sobreposição com outros GFEN quando representados sobre o gradiente de composição florística-estrutural dos remanescentes (Figura 3.2D).

Verificamos que os gradientes na composição florística-estrutural dos oito grupos fitofisionômicos (GF), identificados no nível de dissimilaridade de 0,90, preservam relação significativa de média intensidade com a variação da fenologia foliar (Mantel 0,41;  $p \leq 0,001$ ; PERMANOVA:  $F = 8,94$ ;  $p = 0,001$ ,  $R^2 = 0,45$ ) (Figura 3.3A). Por outro lado, notamos que os GFEN apresentam relação significativa, mas de baixa intensidade, com a variação na composição florística-estrutural dos remanescentes (PERMANOVA:  $F = 3,93$ ;  $p = 0,001$ ,  $R^2 = 0,16$ ) (Figura 3.3D). Os remanescentes dos grupos GFE (Mantel 0,4;  $p = 0,001$ ), GFCW (Mantel 0,36;  $p = 0,007$ ) e GFN (Mantel 0,72;  $p = 0,002$ ) apresentaram os ciclos da fenologia foliar mais homogêneos (Figura 3.3D), enquanto que os remanescentes dos grupos GFS, GFSE e GFNW possuem os ciclos mais heterogêneos (Tabela 3.2 e Figura 3.3A e 3.3D).

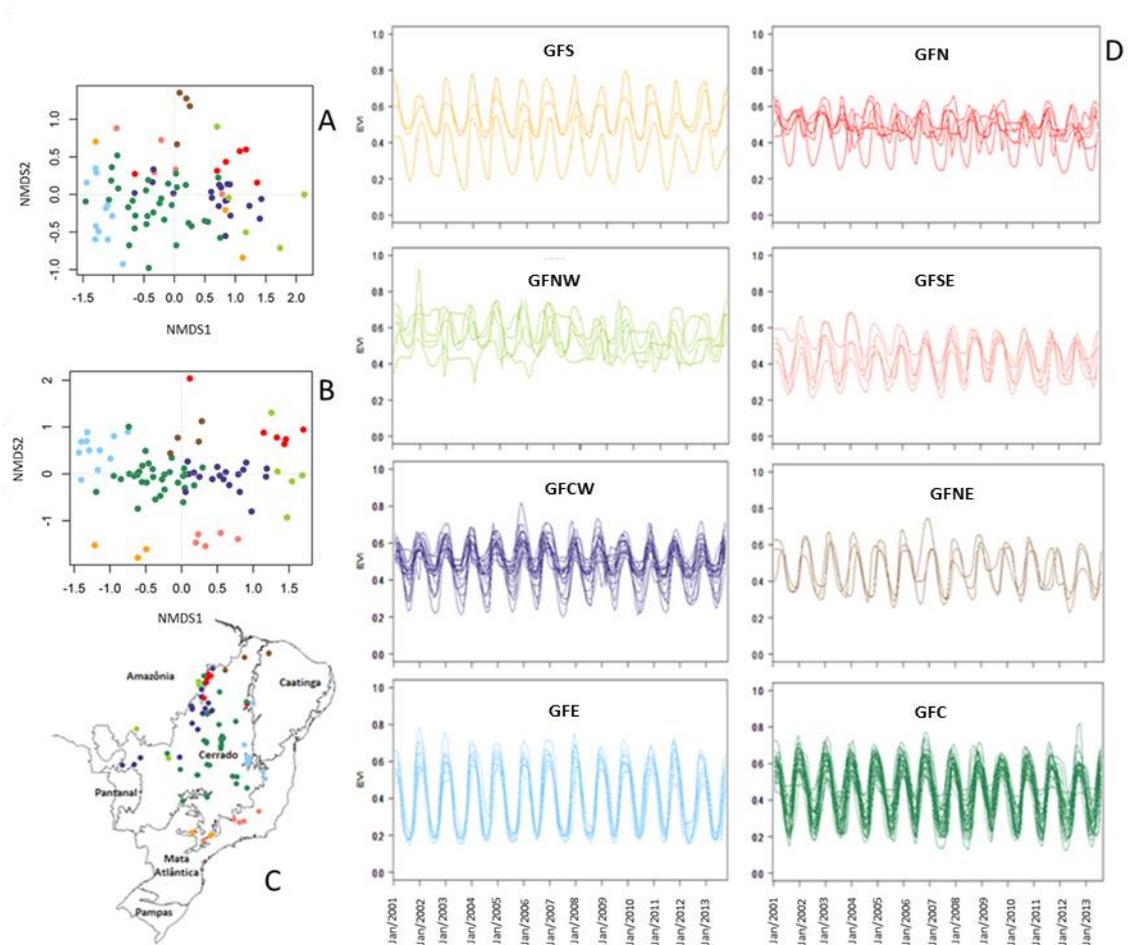


Figura 3.3 – Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS\_FIT) baseados na (A) matriz de similaridade de Bray-Curtis da composição florística-estrutural da vegetação arbórea ( $DAP \geq 5$  cm) e na (B) matriz de similaridade Euclidiana da capacidade fotossintética (299 valores filtrados de EVI entre janeiro de 2001 e dezembro de 2013, em intervalos de 16 dias) de (C) 84 sítios de floresta tropical sazonalmente seca (FTSS), divididos em Grupos Fitofisionômicos (GF), dentro dos limites Cerrado e suas áreas de transição com a Caatinga, Mata Atlântica e Amazônia. (D) Assinaturas da fenologia foliar (séries filtradas de valores mensais de EVI entre os anos de 2001 e 2013) dos sítios de cada GF. GFS = Grupo Fitofisionômico Sul (laranja), GFSE = Grupo Fitofisionômico Sudeste (salmão), GFN = Grupo Fitofisionômico Norte (vermelho), GFNW = Grupo Fitofisionômico Noroeste (verde claro), GFNE = Grupo Fitofisionômico Nordeste (marrom), GFE = Grupo Fitofisionômico Leste (azul-claro); GFCW = Grupo Fitofisionômico Centro-Oeste (azul-escuro), GFC = Grupo Fitofisionômico Centro (verde-escuro).

Tabela 3.2- Média (e desvio padrão) de sete métricas fenológicas obtidas de forma remota para os oitos Grupos Fitofisionômicos (GF) e cinco Grupos Fenológicos (GFEN) de floresta tropical sazonalmente seca (FTSS) do bioma Cerrado. Diferentes letras (sobre as médias) na mesma coluna indicam diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) dentro dos distintos agrupamentos (GF e GFEN).  $R^2$  = coeficiente de correlação ajustado do modelo aditivo generalizado (GAM) entre as métricas e os gradientes fenológico (NMDS\_FEN) e fitofisionômico (NMDS\_FIT). As correlações entre as matrizes de similaridade da fenologia foliar (distância euclidiana) e fitofisionômica (distância Bray-Curtis) geral e para cada grupo são apresentadas pelo teste de Mantel (seguido do valor  $p$  de significância). São apresentadas as correlações de Pearson das métricas fenológicas com as medidas de diversidade ( $q=0$ ,  $q=1$  e  $q=2$ ) e com os parâmetros estruturais de densidade (Dens) e área basal (G), assim como entre EVI e temperatura (EVIxT) e EVI e precipitação (EVIxP) em cada GF. Comp = Comprimento (dias), Verd = Verdejamento, Base = valor basal; Sen = Senescência, Amp = Amplitude, Prod. = Produtividade total, Prod. Saz. = Produtividade Sazonal. ns = não significativo.

Grupos	Comp.	Verd.	Sen.	Base	Ampl.	Prod.tot.	Prod. Saz.	Mantel	$p$	EVIxT	EVIxP
ANOVA	F = 3,871 $p < 0,001$	F = 22,17 $p < 0,001$	F = 16,04 $p < 0,001$	F = 19,2 $p < 0,001$	F = 23,28 $p < 0,001$	F = 4,62 $p < 0,001$	F = 20,16 $p < 0,001$	0,41	0,001	-	-
GFS (3)	75 <sup>ab</sup> (10)	0,062 <sup>bc</sup> (0,012)	0,038 <sup>b</sup> (0,006)	0,36 <sup>abc</sup> (0,14)	0,27 <sup>bc</sup> (0,07)	7,09 <sup>abc</sup> (1,22)	2,62 <sup>bc</sup> (0,57)	0,38	0,67	0,42	0,79
GFN (6)	71 <sup>b</sup> (15)	0,042 <sup>c</sup> (0,023)	0,037 <sup>b</sup> (0,01)	0,4 <sup>ab</sup> (0,07)	0,18 <sup>c</sup> (0,06)	6,4 <sup>c</sup> (1)	1,67 <sup>c</sup> (0,8)	0,72	0,002	-0,39	0,53
GFNW (5)	91 <sup>a</sup> (30)	0,038 <sup>c</sup> (0,017)	0,039 <sup>b</sup> (0,008)	0,46 <sup>a</sup> (0,04)	0,19 <sup>c</sup> (0,04)	8,68 <sup>a</sup> (1,71)	2,03 <sup>c</sup> (0,47)	0,33	0,127	-0,17	0,58
GFSE (5)	81 <sup>ab</sup> (8)	0,054 <sup>c</sup> (0,013)	0,03 <sup>b</sup> (0,006)	0,32 <sup>bc</sup> (0,07)	0,23 <sup>c</sup> (0,05)	6,78 <sup>bc</sup> (0,91)	2,44 <sup>c</sup> (0,68)	0,06	0,53	0,14	0,72
GFCW (18)	72 <sup>b</sup> (11)	0,049 <sup>c</sup> (0,017)	0,033 <sup>b</sup> (0,005)	0,42 <sup>ab</sup> (0,06)	0,19 <sup>c</sup> (0,04)	6,88 <sup>bc</sup> (0,78)	1,83 <sup>c</sup> (0,69)	0,36	0,007	-0,48	0,85
GFNE (4)	81 <sup>ab</sup> (6)	0,07 <sup>bc</sup> (0,01)	0,034 <sup>b</sup> (0,005)	0,33 <sup>abc</sup> (0,02)	0,27 <sup>b</sup> (0,04)	7,35 <sup>abc</sup> (0,51)	2,84 <sup>bc</sup> (0,51)	0,48	0,14	-0,89	0,74
GFE (11)	80 <sup>ab</sup> (3)	0,133 <sup>a</sup> (0,021)	0,065 <sup>a</sup> (0,008)	0,19 <sup>d</sup> (0,01)	0,43 <sup>a</sup> (0,05)	7,18 <sup>bc</sup> (0,49)	4,6 <sup>a</sup> (0,47)	0,43	0,01	-0,48	0,69
GFC (32)	84 <sup>ab</sup> (6)	0,093 <sup>b</sup> (0,027)	0,041 <sup>b</sup> (0,011)	0,28 <sup>c</sup> (0,07)	0,33 <sup>b</sup> (0,08)	7,5 <sup>ab</sup> (0,6)	3,69 <sup>b</sup> (0,95)	0,1	0,12	-0,59	0,86
ANOVA	F = 2,94 $p = 0,04$	F = 29,94 $p < 0,001$	F = 24,95 $p < 0,001$	F = 83,83 $p < 0,001$	F = 33,12 $p < 0,001$	F = 0,774 $p = 0,512$	F = 31,93 $p < 0,001$	0,41	0,001	-	-
GFENVer (25)	75,07 a (16,15)	0,0471 a (0,01794)	0,034 a (0,007)	0,43 b (0,048)	0,20 a (0,056)	7,28 a (1,22)	1,91 a (0,71)	0,37	0,001	-0,63	0,74
GFENSem (4)	85,10 a (8,64)	0,0750 ac (0,0080)	0,034 a (0,005)	0,32 c (0,028)	0,27 ac (0,038)	7,51 a (0,59)	3,01 ac (0,60)	0,93	0,08	-0,36	0,21
GFENDec1 (20)	81,80 a (4,94)	0,1164 c (0,03046)	0,057 a (0,012)	0,20 a (0,024)	0,39 c (0,070)	7,00 a (0,69)	4,27 c (0,76)	0,08	0,223	-0,30	0,86
GFENDec2 (29)	82,76 a (8,05)	0,0830 b (0,03035)	0,038 b (0,009)	0,30 b (0,066)	0,30 b (0,085)	7,37 a (0,64)	3,32 b (1,07)	0,40	0,001	-0,44	0,70
R <sup>2</sup> GAM (NMDS_FEN)	14,50%	81,20%	79,40%	84,80%	83,50%	35,60%	77,90%	-	-	-	-
R <sup>2</sup> GAM (NMDS_FIT)	21,90%	78,30%	64,40%	78,60%	79,20%	5,40%	78,50%	-	-	-	-
q=0	ns	-0,55	-0,49	0,53	-0,54	ns	-0,52	-	-	-	-
q=1	ns	-0,40	-0,40	0,41	-0,40	n,s	-0,39	-	-	-	-
q=2	ns	-0,30	-0,32	0,33	-0,29	ns	-0,39	-	-	-	-
Dens	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-
G	-0,27	-0,34	-0,31	0,35	-0,32	ns	-0,37	-	-	-	-

### 3.3.2 - Métricas fenológicas em relação à diversidade de espécies e estrutura da vegetação

As métricas fenológicas que melhor se ajustam ao gradiente de composição florística-estrutural dos remanescentes de FTSS, explicando mais de 80% do gradiente fitofisionômico ( $R^2$  do GAM), são: amplitude, valor de base, produtividade sazonal e verdejamento (Tabela 3.2). Por outro lado, as métricas fenológicas associadas ao comprimento da estação de produção, a produtividade total e a senescência não são preditores tão relevantes para explicar a separação dos GF (Tabela 3.2).

Os remanescentes do GFE, por exemplo, apresentaram os maiores valores de amplitude do EVI, taxa de senescência e produtividade sazonal, condição que reforça o pronunciado carácter decíduo que os diferem significativamente dos demais GF (Tabela 3.2, Figura 3.4). No extremo oposto desse gradiente, verificamos que os menores valores das métricas amplitude, senescência e produtividade sazonal estão associados aos sítios predominantemente sempre-verdes do GFNW que apresentaram longos períodos de atividade fotossintética ativa, destacando-se com os maiores valores médios de produtividade total e de base.

Na parte central do Cerrado, os remanescentes do GFC apresentaram os menores valores de base, com o predomínio da fenologia decídua relacionados aos elevados valores de amplitude do EVI e produtividade sazonal (Figura 3.4), embora não tão pronunciados como nos remanescentes decíduas do GFE (Tabela 3.2). Por outro lado, o GFCW na borda oeste do Cerrado apresenta a estação de crescimento mais curta entre os GF e baixa amplitude média, além de pequena oscilação entre os remanescentes, caracterizando uma fenologia predominantemente semidecidual. No contato sul e sudeste do Cerrado com a Mata Atlântica, respectivamente, os remanescentes GFSE e GFS apresentam valores intermediários das métricas fenológicas (Tabela 3.2, Figura 3.4). Esse padrão é justificado pela baixa sincronia nos ciclos de fenologia foliar dos remanescentes nos grupos GFSE e GFS que podem apresentar fenologia decídua ou semidecídua e sem resguardar características fenológicas peculiares e distintas aos demais grupos (Figura 3.3D).

Cinco métricas fenológicas (amplitude do EVI, valor de base, produtividade sazonal, verdejamento e senescência) apresentam significativas relações lineares de baixa a média intensidade ( $R^2$  variando entre 30% e 55%) com as três medidas de diversidade: número de espécies total ( $q = 0$ ), raras ( $q = 1$ ) e dominantes ( $q = 2$ ). No

entanto, as relações foram positivamente relacionadas apenas com o valor de base (Tabela 3.2) que está associada a biomassa estável da comunidade. Entre os parâmetros estruturais das comunidades avaliadas, a área basal (G) apresentou relação positiva de 35% com o valor de base e relação negativa com outras cinco métricas fenológicas (Tabela 3.2), variando de 27% com o comprimento da estação produtiva até 37% com a produtividade sazonal (Material Suplementar 6 a 8). Por outro lado, a densidade não foi significativamente relacionada com nenhuma das métricas fenológicas.

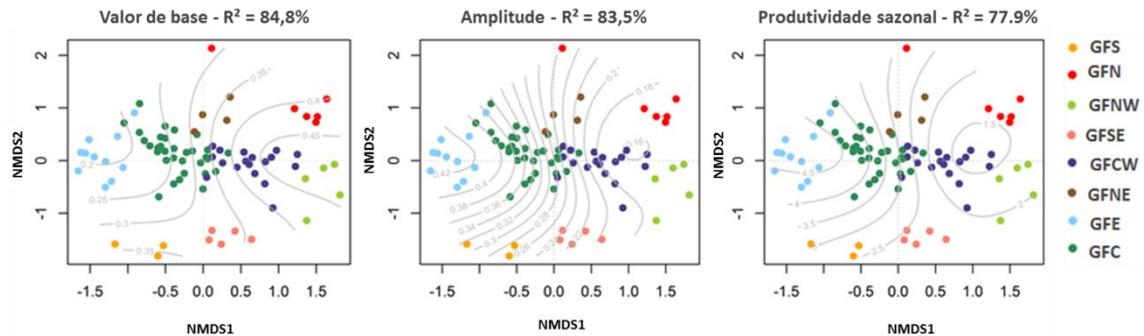


Figura 3.4 - Associações entre as métricas fenológicas e o diagrama de ordenação (NMDS\_FIT) da composição florística-estrutural de 84 sítios de floresta tropical sazonalmente seca (FTSS) do bioma Cerrado, obtidas através de modelos aditivos generalizados (GAM - *Generalized Additive Models*). GFS = Grupo Fitofisionômico Sul (laranja), GFSE = Grupo Fitofisionômico Sudeste (salmão), GFN = Grupo Fitofisionômico Norte (vermelho), GFNW = Grupo Fitofisionômico Noroeste (verde claro), GFNE = Grupo Fitofisionômico Nordeste (marrom), GFE = Grupo Fitofisionômico Leste (azul-claro); GFCW = Grupo Fitofisionômico Centro-Oeste (azul-escuro), GFC = Grupo Fitofisionômico Centro (verde-escuro).

### **3.3.3 – Influência do ambiente, espaço e tempo sobre a amplitude anual de abscisão foliar**

O componente aleatório foi significativo (menor AIC) em relação ao modelo linear simples e inclui a variação da amplitude anual dentro de cada site (componente aleatório do intercepto) e a estrutura espacial capturada pelo MEM 1, relacionada a inclinação ( $\beta$ ) da curva do modelo. Entre os componentes aleatórios, a estrutura espacial acomodou 51% da variação aleatória na estimativa dos coeficientes de inclinação do modelo e a variação anual dentro dos remanescentes acomodou 48% da variação da estimativa média (intercepto), com 1% de variação residual não explicada.

O modelo final incluiu três variáveis significativas no componente fixo que explicam 34% da variação da amplitude do EVI entre os remanescentes, não sendo significativa a variação da temperatura média anual ( $L=1,28$ ;  $df = 12,11$ ;  $p = 0,26$ ). A precipitação anual média (PMA) foi a variável com maior poder de predição da variação na amplitude. Os remanescentes sujeitos a PMA entre 800 e 1.200 mm fazem parte das FTSS de maior deciduidade (Figura 3.5A) no contato com a Caatinga e na área nuclear do Cerrado. As menores amplitudes estão associadas aos sítios que recebem PMA > 1700 mm e apresentam fenologias variando de semidecídua a sempre-verde no contato do Cerrado com a Caatinga. Além da PMA, o acumulado de precipitação da semana mais úmida (PSU) também apresenta controle significativo sobre a variação da amplitude dos remanescentes. Entre as variáveis edáficas, a disponibilidade de nutrientes dos solos exerce relevante controle na deciduidade das FTSS, com solos eutróficos ( $V > 50\%$ ) comportando as FTSS decíduas com maior amplitude dos valores de EVI e, por outro lado, as FTSS semidecíduas e sempre-verde sobre solos distróficos apresentando amplitudes com valores mais baixos (Figura 3.5C).

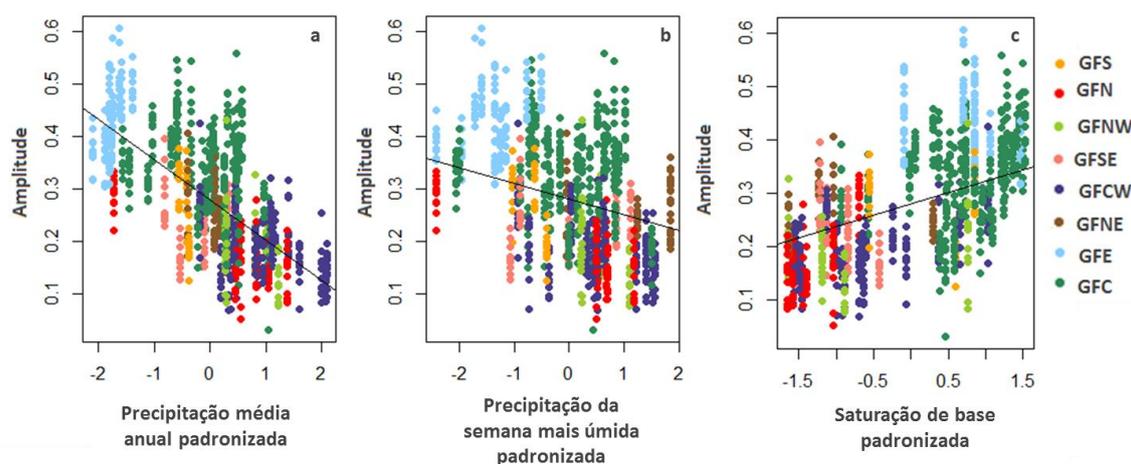


Figura 3.5 – Associações dos valores anuais da amplitude dos ciclos fenológicos com as variáveis (a) precipitação anual média padronizada, (b) precipitação da semana mais úmida padronizada e (c) saturação de bases padronizada, ajustadas aos efeitos do componente aleatório do intercepto (variação anual dentro dos remanescentes) e da inclinação da curva (efeito da estrutura do espaço – MEM1) dentro de cada grupo fitofisionômico (GF). GFS = Grupo Fitofisionômico Sul (laranja), GFSE = Grupo Fitofisionômico Sudeste (salmão), GFN = Grupo Fitofisionômico Norte (vermelho), GFNW = Grupo Fitofisionômico Noroeste (verde claro), GFNE = Grupo Fitofisionômico Nordeste (marrom), GFE = Grupo Fitofisionômico Leste (azul-claro); GFCW = Grupo Fitofisionômico Centro-Oeste (azul-escuro), GFC = Grupo Fitofisionômico Centro (verde-escuro).

### 3.3.4 – Controles da temperatura e da precipitação nos ciclos da fenologia foliar

O componente aleatório foi significativo (menor AIC) em relação ao modelo linear simples e incluiu a variação mensal do EVI dentro de cada sítio amostrado, como o componente aleatório do intercepto, e a estrutura espacial capturada pelo MEM 1, relacionada a inclinação ( $\beta$ ) na curva do modelo. Entre os componentes aleatórios, a estrutura espacial acomodou 81% da variação da estimativa dos coeficientes do modelo e a variação mensal dentro dos remanescentes acomodou 13% da variação da estimativa média (intercepto), com 6% de variação residual não explicada.

O modelo final incluiu as variáveis fixas precipitação, temperatura e os grupos fitofisionômicos que explicam 23% da variação mensal do EVI, sendo significativa a interação entre as três variáveis ( $L=952$ ;  $df = 39, 17$ ;  $p < 0,0001$ ). O modelo revela que a temperatura é a variável que melhor explica as variações nas séries temporais de EVI (Figura 3.6, Material Suplementar 9). No entanto, verificamos que nos remanescentes do GFS e GFSE a temperatura tem relação positiva com os valores de

EVI, no contato do Cerrado com a Mata Atlântica, ao contrário da interação verificada na área central do Cerrado e nos contatos com a Caatinga e Amazônia. A marcante sazonalidade da precipitação apresentou relação positiva com a variação das séries temporais de EVI em todos os GF (Figura 3.7, Material Suplementar 9). No auge da estação seca todos remanescentes responderam ao déficit de precipitação por meio da abscisão completa ou parcial das folhas do dossel, embora com menor intensidade na maioria das FTSS sempre-verde do GFNW (Figura 3.6, Material Suplementar 9).

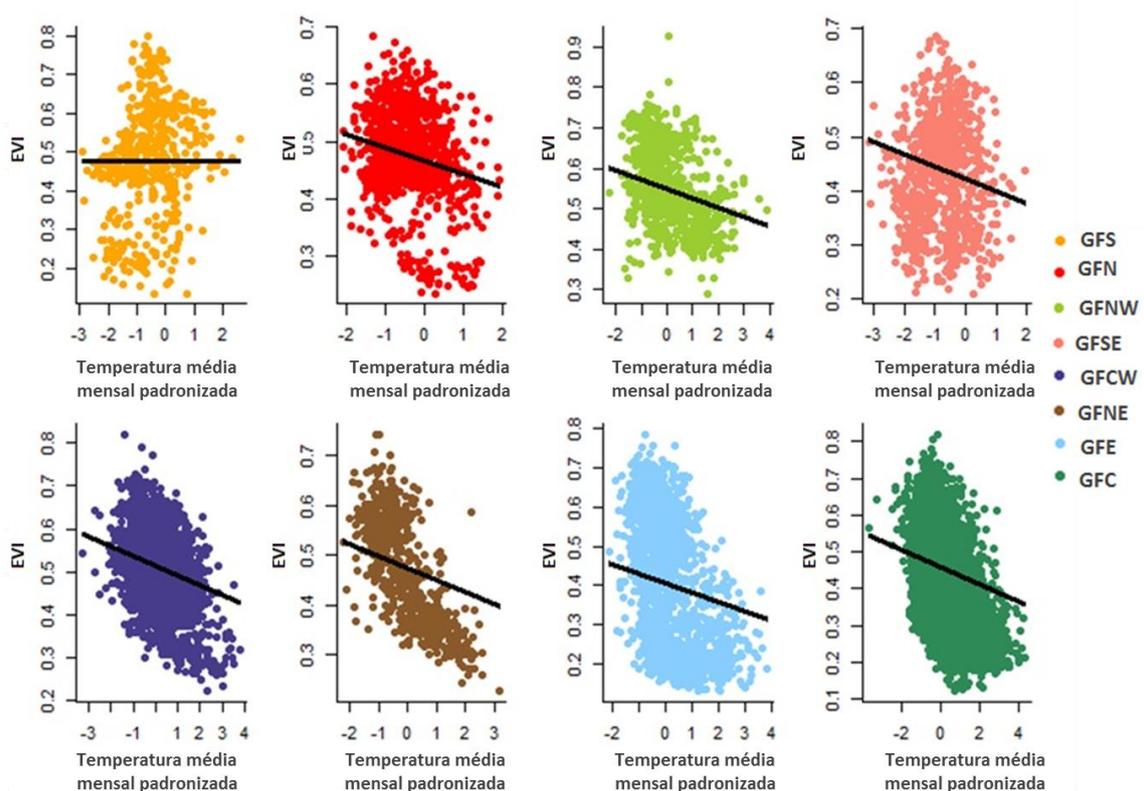


Figura 3.6 – Associações dos valores mensais de EVI com a temperatura média mensal padronizada entre os grupos fitofisionômicos (GF), ajustadas aos efeitos das interações com a precipitação e GF e aos efeitos do componente aleatório do intercepto (variação mensal dentro dos remanescentes) e da inclinação da curva (efeito da estrutura do espaço – MEM1). GFS = Grupo Fitofisionômico Sul (laranja), GFSE = Grupo Fitofisionômico Sudeste (salmão), GFN = Grupo Fitofisionômico Norte (vermelho), GFNW = Grupo Fitofisionômico Noroeste (verde claro), GFNE = Grupo Fitofisionômico Nordeste (marrom), GFE = Grupo Fitofisionômico Leste (azul-claro); GFCW = Grupo Fitofisionômico Centro-Oeste (azul-escuro), GFC = Grupo Fitofisionômico Centro (verde-escuro).

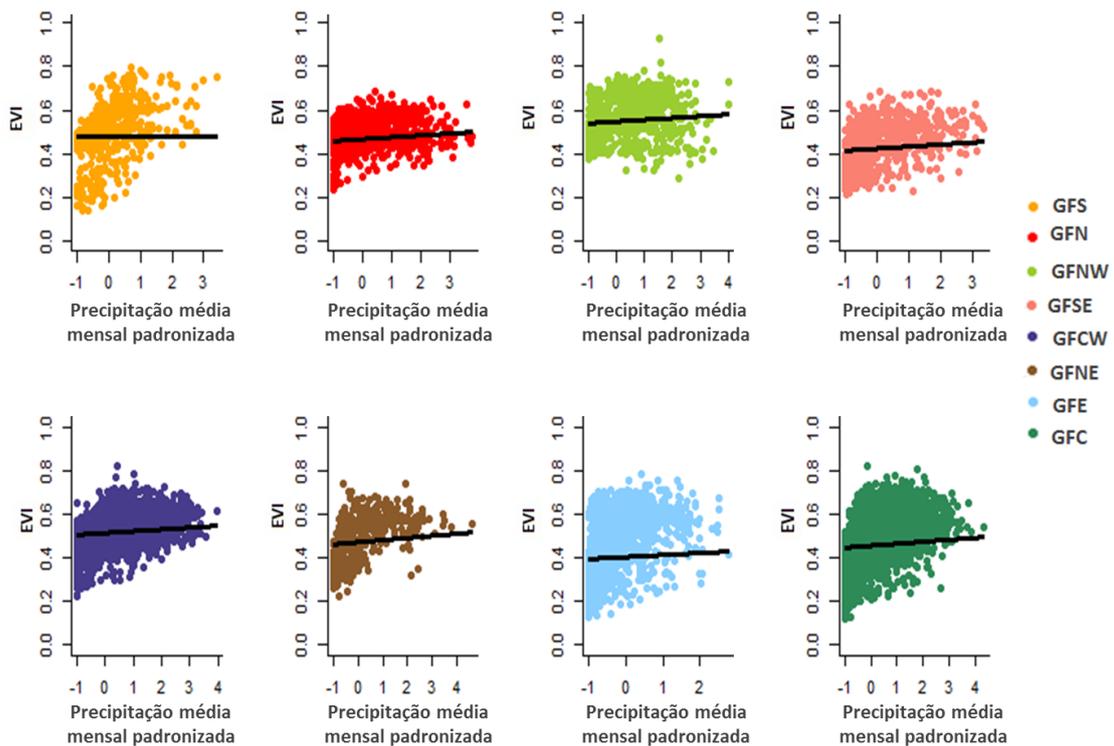


Figura 3.7 – Associações dos valores mensais de EVI com a precipitação média mensal padronizada entre os oito grupos fitofisionômicos (GF), ajustadas aos efeitos das interações com a temperatura e GF e aos efeitos do componente aleatório do intercepto (variação mensal dentro dos remanescentes) e da inclinação da curva (efeito da estrutura do espaço – MEM1). GFS = Grupo Fitofisionômico Sul (laranja), GFSE = Grupo Fitofisionômico Sudeste (salmão), GFN = Grupo Fitofisionômico Norte (vermelho), GFNW = Grupo Fitofisionômico Noroeste (verde claro), GFNE = Grupo Fitofisionômico Nordeste (marrom), GFE = Grupo Fitofisionômico Leste (azul-claro); GFCW = Grupo Fitofisionômico Centro-Oeste (azul-escuro), GFC = Grupo Fitofisionômico Centro (verde-escuro).

### 3.4 – Discussão

#### 3.4.1 – Os gradientes nos ciclos e métricas da fenologia foliar representam parte da diversidade local e regional na vegetação arbórea das FTSS do Cerrado

A ampla escala das análises nos permitiu determinar o gradiente fenológico, no sentido leste-oeste do Cerrado, de florestas decíduas (no contato com a Caatinga) que gradualmente diminuem a intensidade da abscisão foliar na área nuclear do Cerrado, enquanto no contato com a Amazônia os sítios tendem à fenologia semidecídua até sempre-verde (Figura 3.2). A forma de variação fenológica das formações nos sítios estudados condiz com os principais sistemas de classificação de vegetação da região Neotropical (Oliveira-Filho 2009), do Brasil (IBGE 2012) e regional do Cerrado (Ribeiro & Walter 2008). No entanto, as análises anteriormente realizadas em escalas locais não detectaram diferenças nos ciclos fenológicos entre FTSS, apenas das florestas em relação a savanas (cerrados) e campos (Ratana *et al.* 2005, Oliveira *et al.* 2010, Borges e Sano 2014a, Bayma & Sano 2015). De forma geral, são poucos estudos que determinaram variações dos ciclos fenológicos entre distintos tipos de FTSS de uma mesma região no mundo (Portillo-Quintero & Sánchez-Azofeifa 2010, Wessels *et al.* 2011, Wolhart *et al.* 2014, Wagner *et al.* 2016). Nosso estudo, além de esclarecer as fases fenológicas das FTSS, é o primeiro a integrar informações fenológicas à diversidade de espécies arbóreas na escala regional do Cerrado.

Os padrões identificados nas nossas análises são bastante úteis para subsidiar a elaboração e refinamento dos mapas de distribuição e definição dos limites de ocupação dos distintos tipos de FTSS no Cerrado. Acrescentamos uma perspectiva fenológica aos recentes achados sobre as diferenças na composição florística dentro dos 21 núcleos de FTSS da região Neotropical (Santos *et al.* 2012; Banda-R *et al.* 2016). As formações com pronunciada deciduidade (maior amplitude), na borda leste do Cerrado (contato com a Caatinga), apresentam elevada densidade de indivíduos em poucas espécies (dominância ecológica) e, conseqüentemente, baixa diversidade local e estão associados aos ciclos fenológicos mais homogêneos (Figura 3.3) justamente no setor do Cerrado com maior estabilidade climática, caracterizado por longos períodos de seca (Werneck *et al.* 2011). Por outro lado, nos sítios do contato do Cerrado com a Mata Atlântica foi determinada ampla variação dos ciclos de fenologia foliar, em regiões com grande oscilação no relevo nas Serras do Mar e Mantiqueira e que, conseqüentemente, estão sujeitos a amplas variações em microclimas locais (Pinto-da-Rocha *et al.* 2005,

Oliveira-Filho *et al.* 2013). Nas bordas sudeste e sul do Cerrado existe elevada diversidade local e regional da vegetação arbórea (Thomas *et al.* 2008). Esses fatores abióticos e bióticos somados justificam a ampla oscilação entre as séries temporais que caracterizam a fenologia foliar de FTSS decíduas e semidecíduas, no contato do Cerrado com a Mata Atlântica (Figura 3.3).

Na parte central do Cerrado, os sítios apresentaram ciclos de fenologia foliar com valores extremamente baixos na época de estiagem, indicando baixa capacidade fotossintética, seguidas pelo abrupto aumento no início da época de chuva (Figura 3.3). Resultados similares haviam sido apresentados em escala mais restrita para FTSS da área nuclear do Cerrado (Carvalho Júnior *et al.*, 2006, Liesenberg *et al.* 2007). Existe dificuldades para a definição da intensidade de deciduidade de FTSS do Cerrado e até hoje poucos estudos apresentaram diferenças na composição florística-estrutural dos remanescentes isolados na paisagem (Oliveira-Filho *et al.* 2006). No entanto, detectamos maior intensidade da deciduidade para os remanescentes localizados na parte central do bioma (Figura 3.2 e 3.3), onde há elevada dominância ecológica e baixa diversidade local, como por exemplo na região do Vão do Paranã (Scariot & Sevilha 2005, Carvalho Júnior *et al.*, 2006). Por outro lado, determinamos expressivo decréscimo na amplitude do EVI e aumento na riqueza de espécies em direção das formações de FTSS localizados nas proximidades dos limites com a Amazônia (Huete *et al.* 2006) e nas formações dispostas no prolongamento setentrional do nordeste do Cerrado, em área de ecótono entre Cerrado, Amazônia e Caatinga (Castro *et al.* 1999).

Nas formações de FTSS do contato do Cerrado e Amazônia (GFCW e GFNW), verificamos as menores amplitudes dos valores de EVI (Figura 3.2 e 3.3) e alta riqueza de espécies. No auge da estação seca as espécies arbóreas dessa região, apresentam a estratégia de diminuir as taxas fotossintéticas e a eficiência do uso de água, para proteger a maquinaria fotossintética de superaquecimento através da evaporação e para estender a vida útil da folha (Tomlinson *et al.* 2013). No entanto, algumas formações dessa região mantiveram valores elevados do EVI, no auge da estação seca, em consonância com o padrão identificado em formações florestais da Amazônia, onde os valores de EVI aumentaram em média 25% na estação seca (Huete *et al.* 2006), de forma contrastante aos ecossistemas com déficit hídrico que caracterizam a maioria dos nossos remanescentes.

### 3.4.2 – Métricas fenológicas e variações na área basal

A área basal apresentou relação de média intensidade com a variação de amplitude do EVI e o valor de base dos ciclos fenológicos dos remanescentes (Tabela 3.2). Esse parâmetro já foi utilizada como *proxy* do estoque de biomassa de formações savânicas da África, Oceania e América do Sul (Lehmann *et al.* 2014). Essas relações condizem com estudos recentes que determinaram que nas FTSS decíduas, com elevados valores de amplitude e baixos valores de base, a maioria das espécies apresentam dormência cambial durante a longa temporada de escassez de água (Wagner *et al.* 2016, Krepkowski *et al.* 2011) e a alocação de carbono para a madeira é prioridade na estação chuvosa (Doughty *et al.* 2015). As medições dos troncos dessas FTSS podem até aparentar encolhimento durante períodos secos, devido valores de crescimento mensais negativos (Carvalho & Felfili 2011), mas na verdade estão relacionados à desidratação do ritidoma e súber (Trouet *et al.* 2012). De forma contrastante, o aumento em 25% dos valores de EVI na estação seca é responsável por elevadas estimativas de biomassa em formações não limitadas por água, como nas da Amazônia (Huete *et al.* 2006).

Assim, os maiores valores de base e baixas amplitudes do EVI das formações florestais na borda oeste do Cerrado (GFNW e GFCW), indicam o potencial desses remanescentes em apresentar maior biomassa entre as FTSS do Cerrado (Figura 3.4). Por outro lado, nos sítios da borda leste (contato com Caatinga) e na parte central do Cerrado determinamos os menores valores de base e maiores amplitudes do EVI, onde a biomassa tende a apresentar valores relativamente menores (Figura 3.4). Nossos resultados condizem com as estimativas globais de elevada biomassa para florestas tropicais úmidas em relação às FTSS (Brown 1997, Chave *et al.* 2014). Portanto, essas duas métricas fenológicas (valor de base e amplitude do EVI) dos sítios de FTSS podem ser úteis para complementar de forma remota a recente revisão de biomassa para fitofisionomias do Cerrado (Miranda *et al.* 2014), na qual a biomassa das FTSS não foi estimada.

### 3.4.3 – Precipitação e nutrientes dos solos controlam a abscisão foliar

O forte efeito da precipitação sobre a variação na amplitude já era esperado, considerando que a fotossíntese em escala global é controlada principalmente por limitações hídricas (Wagner *et al.* 2016). O auge da produção de serapilheira em FTSS ocorre principalmente durante os períodos secos, como reflexo da combinação da baixa disponibilidade de água e da alta demanda evaporativa que juntas induzem a queda de folhas (Borchert *et al.* 2015, Zhang *et al.* 2007). De forma geral, determinamos que setores climáticos do Cerrado com precipitação anual média inferior a 1.600 mm (Silva *et al.* 2008) tendem a comportar FTSS decíduas sujeitas à ampla variação na amplitude do EVI e a partir desse limite a variação decai (Figura 3.5). No entanto, mesmo nos setores com precipitação anual média próxima a 2.000 mm identificamos tendências de abscisão foliar no auge da estação seca, embora outros estudos tenham reconhecido que a fotossíntese manteve-se com elevada intensidade durante a estação seca nessa condição climática (Huete *et al.* 2006). Apesar da forte relação da amplitude do EVI com a precipitação, a variação na disponibilidade de nutrientes nos solos também apresentou influência significativa na variação dos ciclos fenológicos dos remanescentes.

Os remanescentes com maior disponibilidade de nutrientes nos solos comportam espécies predominantemente decíduas (Haridasan & Araújo 2005, Somavilla *et al.* 2014) devido às condições favoráveis de repor rapidamente a massa foliar através da absorção de K, Mg e Ca diretamente do solo (Araújo & Haridasan 2007, Rossato *et al.* 2015). Nossos resultados, pela primeira vez de forma quantitativa, identificaram que a intensidade de deciduidade foliar em FTSS do Cerrado está associada tanto com as condições regionais da precipitação anual média (menor precipitação acarreta em maior abscisão foliar), como também das variações locais de disponibilidade de nutrientes nos solos (maior disponibilidade de nutrientes nos solos maior abscisão foliar) (Figura 3.5).

### 3.4.4 – Temperatura média mensal e a abscisão foliar

A interação significativa entre temperatura e precipitação na predição da variação mensal das séries temporais de ciclos fenológicos dos GF indica a complexidade dessas relações que controlam propriedades biofísicas captadas pelo EVI. Importantes processos como a capacidade fotossintética e a evapotranspiração potencial de FTSS em outras partes do mundo também são influenciados pela interação das variáveis temperatura e precipitação (Zhang *et al.* 2009, Reichstein *et al.* 2014). A maior intensidade da relação entre os valores de EVI e a precipitação ocorreu na parte central e no contato do Cerrado com a Caatinga, enquanto que relação menos acentuada ocorre nas bordas do Cerrado com a Amazônia onde o déficit hídrico é mais baixo (Figura 3.6). Determinamos que as diferenças entre os setores climáticos do Cerrado (Silva *et al.* 2008), em termos dos limites de precipitação e também de temperatura, são capazes de suportar formações vegetais com distintas formas fenológicas e que apresentam representativas variações na composição florística-estrutural de espécies arbóreas e na estrutura da vegetação.

Apenas nos remanescentes do contato do Cerrado com a Mata Atlântica, onde há registros de geadas ocasionais (Silva *et al.* 2008), verificamos relações positivas das variações do EVI e da temperatura (Figura 3.7). A abscisão foliar nesses sítios é induzida pela diminuição da temperatura na estação seca, ao ponto de determinar repouso fisiológico e queda da folhagem, como em regiões subtropicais e temperadas (Schwartz & Reiter 2000, Richardson *et al.* 2013, Tang *et al.* 2016). Por outro lado, nos demais GF a abscisão foliar das formações florestais apresenta-se como mecanismo adaptativo para diminuir a evapotranspiração e a perda de água, coincidindo com as temperaturas mais elevadas no auge da estação seca (Doughty *et al.* 2015). Com isso, mostramos que além de reconhecer as fases fenológicas das FTSS, é necessário entender os mecanismos que causam as mudanças fenológicas nos distintos setores climáticos do Cerrado.

As divergências das interações entre o comportamento da fenologia foliar e as variações do clima local dos remanescentes das FTSS do Cerrado, que encontramos aqui (Material Suplementar 9), corroboram recentes achados sobre a existência de forte ruptura nas ligações florísticas de FTSS Neotropicais no núcleo do Cerrado com as florestas da Caatinga e do Chaco (Neves *et al.* 2015). Essas divergências foram relacionadas com as oscilações na isothermalidade e precipitação do trimestre mais frio

(Neves *et al.* 2015) e nossos resultados corroboram esses resultados. Além disso, os resultados de nossas análises contribuem para o entendimento da expressiva mudança na composição, riqueza e endemismo de espécies arbóreas entre áreas de FTSS da parte central do Cerrado e aquelas dispostas nos contatos com biomas e domínios morfoclimáticos adjacentes (Oliveira-Filho & Ratter 2002, Santos *et al.* 2012, Haidar *et al.* 2013, Banda-R *et al.* 2016).

Considerando que a variação climática é fator determinante para definição dos biomas (Clements & Shelford 1939, Oxford 2010) e para a classificação e mapeamento das formações vegetais (Oliveira-Filho 2009, IBGE 2012), evidenciamos que FTSS da parte central do Cerrado (como os grupos GFC, GFNE e GFCW) devem ser tratadas como formações integrantes desse bioma (Ribeiro & Walter 2008) em função da expressiva influência da sazonalidade da precipitação e da elevação da temperatura sobre a abscisão foliar (Material Suplementar 9). Por outro lado, verificamos que os remanescentes de FTSS das áreas de contato com a Mata Atlântica, apresentam interações do comportamento fenológico com o clima que as caracterizam como formações adaptadas às baixas temperaturas no inverno, típica do bloco sul da Mata Atlântica, podendo ser tratadas como formações extra-Cerrado. De forma similar, as FTSS do contato do Cerrado com a Amazônia podem ser tratadas como extensões de formações da Amazônia, considerando a baixa intensidade da relação da abscisão foliar e a precipitação.

### **3.5 - Conclusões**

Determinamos que as variações nos ciclos de fenologia foliar e nas métricas fenológicas, derivadas do EVI, entre os remanescentes de FTSS de distintos setores do Cerrado apresentam relações de média intensidade com as variações na diversidade alfa e beta e com a área basal. A variação anual na abscisão foliar é controlada principalmente por variáveis climáticas. No entanto, a disponibilidade de nutrientes dos solos também exerce considerável influência, por selecionar uma flora especializada na ocupação desses sítios, reforçando que não apenas mudanças regionais do clima, mas também variações locais do meio físico controlam a capacidade fotossintética dos remanescentes de FTSS no bioma Cerrado. Identificamos que temperatura e precipitação apresentaram efeitos com intensidades e direções divergentes sobre os ciclos fenológicos dos remanescentes dos grupos fitofisionômicos. Esse padrão indica que as diferenças na composição florística-estrutural entre remanescentes da área central

e dos contatos do Cerrado com a Mata Atlântica, Amazônia e Caatinga acompanham variações de comportamento fenológico associados a oscilações climáticas.

Apesar da relativa simplicidade na interpretação dos ciclos e métricas fenológicas das FTSS, é necessário determinar a intensidade e direção da influência de preditores climáticos e edáfico e considerar as variações florísticas e estruturais das comunidades. Tomando essa precaução, informações derivadas das séries temporais de EVI, como os ciclos de fenologia foliar e as métricas fenológicas, podem ser utilizadas para elaboração de mapas indicativos da diversidade e da estrutura comunitária das FTSS na escala regional do Cerrado.

### 3.6 – Referências bibliográficas

- Andrade-Lima, D. 1982. The caatingas dominium. *Revista Brasileira de Botânica* 4:149-163.
- Araújo, J.F. & Haridasan, M. 2007. Relação entre deciduidade e concentração foliares de nutrientes em espécies lenhosas do cerrado. *Revista Brasileira de Botânica* 30(3): 533-542.
- Banda-R, K., Delgado-Salinas, A., Dexter, K.G., Linares-Palomino, R., Oliveira-Filho, A., Darién P., Pullan, M., Quintana, C., Riina, R., Rodríguez, G.M., Weintritt, J., Acevedo-Rodríguez, P., Adarve, J., Álvarez, E., Aranguren, A., Arteaga, J.C., Aymard, G., Castaño, A., Ceballos-Mago, N., Cogollo, A., Cuadros, H., Delgado, F., Devia, W., Dueñas, H., Fajardo, L., Fernández, A., Fernández, M.A., Janet Franklin, J., Freid, E.H., Galetti, L.A., Gonto, R., González-M, R.G., Graveson, R., Helmer, E.H., Idárraga, A., López, R., Marcano-Veja, H., Martínez, O.G., Maturo, H.M., McDonald, M., McLaren, K., Melo, O., Mijares, F., Moggi, V., Molina, D., Moreno, N.P., Nassar, J.M., Neves, D.M., Oakley, L.J., Oatham, M., Olvera-Luna, A.R., Pezzini, F.F., Dominguez, O.J.R., Ríos, M.E., Rivera, O., Rodríguez, N., Rojas, A., Särkinen, T., Sánchez, R., Smith, M., Vargas, C., Villanueva, B. & Toby Pennington, R.T. 2016. Plant diversity patterns in neotropical dry forests and their conservation implications. *Science* 353:1383-1387.
- Batalha, M.A. 2011. O cerrado não é um bioma. *Biota Neotropica* 11 (1): 21-24.
- Bayma, A. P. & Sano, E. E. 2015. Séries temporais de índices de vegetação (NDVI E EVI) do sensor modis para detecção de desmatamentos no bioma Cerrado. *Boletim de Ciências Geodésicas*, 21(4):797-813. doi.org/10.1590/S1982-21702015000400047
- Beard, J. S. 1955. The classification of tropical American vegetation-types. *Ecology*, 36:89-100.
- Boke-Olén, N., Lehsten, V., Ardö, J., Beringer, J., Eklundh, L., Holst, T., Veenendaal, E. & Tagesson, T.. 2016. Estimating and Analyzing Savannah Phenology with a Lagged Time Series Model. *Plos one* 11(4): e0154615. doi:10.1371.
- Borchert, R., Calle, Z., Strahler, A.H., Baertschi, A., Magill, R.E., Broadhead, J.S., Kamau, J., Njoroge, J. & Muthuri, C. 2015. Insolation and photoperiodic control of tree development near the equator. *New Phytologist*, 205:7-13.
- Borges, E.F. & Sano, E.E. 2014a. Séries temporais de EVI do MODIS para o mapeamento de uso e cobertura vegetal do oeste da bahia. *Boletim de Ciências*

- Borges, E.F. & Sano, E.E. 2014b. Caracterização fenológica da cobertura vegetal do oeste da Bahia a partir de séries temporais de EVI do sensor MODIS. *Revista Brasileira de Cartografia* 66(6):1265-1280.
- Borges, E. F., Sano, E. E. & Medrado, E. 2014. Radiometric quality and performance of TIMESAT for smoothing moderate resolution imaging spectroradiometer enhanced vegetation index time series from western Bahia State, Brazil. *Journal of Applied Remote Sensing*, 8:1-21, doi.org/10.1117/1.jrs.8.083580.
- Brown, S. 1997. Estimating biomass and biomass change of Tropical Forests, A Primer. FAO Forestry Paper 134, 55 pp. United Nations Food and Agriculture Organization, Rome.
- Burnham, K.P. & Anderson. D.R. 2002. Model selection and multimodel inference: A practical information-theoretic approach. 2nd edn. Springer-Verlag, New York.
- Carvalho, G. 2016. Flora: Tools for Interacting with the Brazilian Flora 2020. R package version 0.2.7. <http://CRAN.R-project.org/package=flora>.
- Carvalho, F.A. & Felfili, J.M. 2011. Variações temporais na comunidade arbórea de uma floresta decidual sobre afloramentos calcários no Brasil Central: composição, estrutura e diversidade florística. *Acta Botanica Brasilica* 25(1): 203-214.
- Carvalho, Jr., O.A., Hermuche, P.M. & Guimarães, R.F. 2006. Identificação regional da floresta estacional decidual na bacia do Rio Paranã a partir da análise multitemporal de imagens MODIS. *Revista Brasileira de Geofísica* 24(3):319-332.
- Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M.S., Delitti, W.B.C., Duque, A., Eid, T., Fearnside, P.M., Goodman, R.C., Henry, M., Martínez-Yrizar, A., Mugasha, W.A., Muller-Landau, H.C., Mencuccini, M., Nelson, B.W., Ngomanda, A., Nogueira, E.M., Ortiz-Malavassi, E., Pélissier, R., Ploton, Ryan, P.C.M., Saldarriaga, J.G. & Vieilledent, G. 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology* 20:3177–3190. doi: 10.1111/gcb.12629
- Clements, F.E. & Shelford, V. 1939. Bio-ecology. New York, USA / London, UK: John Wiley & Sons /1865 Chapman & Hall, p. 425.
- Dapporto, L., Ramazzotti, M., Fattorini, S., Talavera, G., Vila, R. and Dennis, R. L. H. 2013. Recluster: an Unbiased Clustering Procedure for Beta-Diversity Turnover. *Ecography*, 36(5):1070–1075.
- Doughty, C.E., Metcalfe, D.B., Girardin, C.A.J., Amezquita, F.F., Cabrera, D.G., Huasco, W.H., Silva-Espejo, J.E., Araujo-Murakami, A., da Costa, M.C., Rocha, W., Feldpausch, T.R., Mendoza, A.L.M., da Costa, A.C.L., Meir, P., Phillips, O.L. & Malhi, Y. 2015. Drought impact on forest carbon dynamics and fluxes in Amazonia. *Nature* 519:78–82, <http://dx.doi.org/10.1038/nature14213>.
- Eisenlohr, P. V. 2014. Persisting challenges in multiple models: A note on commonly unnoticed issues regarding collinearity and spatial structure of ecological data. *Braz. J. Bot.* 37: 365–371.
- Eiten, G. 1983, Classificação da Vegetação do Brasil. Coordenação Editorial do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Brasília.
- Embrapa & IBGE. 2003. Mapa de Solos do Brasil (escala 1:5.000.000). Centro Nacional de Pesquisas de Solos da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) & IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasília, DF, Brazil.
- Felfili, J.M. & Rezende, R.P. Conceitos e Métodos em Fitossociologia. Universidade de Brasília / Departamento de Engenharia Florestal. Brasília, 2003, 68 p.

- Ferreira, L.G. & Huete, A. R. 2004. Assessing the seasonal dynamics of the Brazilian Cerrado vegetation through the use of spectral vegetation indices. *International Journal of Remote Sensing* 25: 1837-1860.
- Flora do Brasil em construção 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 04 Jan. 2017.
- Françoso, R.D., Brandão, R. Nogueira, C.C., Saloma, Y.B., Machado, R.B. & Colli, G.R. 2014. Habitat loss and the effectiveness of protected áreas in the Cerrado Biodiversity Hotspot. *Natureza & Conservação* 13:35-40.
- Haidar, R.F., Fagg, J.M.F., Pinto, J.R.R., Dias, R.R., Damasco, G., Silva, L.C.R. & Fagg, C.W. 2013. Florestas estacionais e áreas de ecótono no estado do Tocantins, Brasil: parâmetros estruturais, classificação das fitofisionomias florestais e subsídios para conservação. *Acta Amazonica* 43(3): 261-290.
- Haridasan, M. & Araújo, G.M. 2005. Perfil nutricional de espécie lenhosas de duas florestas semidecíduas em Uberlândia, MG. *Revista Brasileira de Botânica*, 28:295-303.
- Hijmans, R., Cameron, S., Parra, J., Jones, P. & Jarvis, A. 2005. The WorldClim interpolated global terrestrial climate surfaces. Version 1.3. Obtido em <http://www.worldclim.org>
- Hoare, D. & Frost, P. 2004. Phenological description of natural vegetation in southern Africa using remotely-sensed vegetation data. *Applied Vegetation Science* 7: 19–28.
- Hoekstra, J., Boucher, T., Ricketts, T. & Roberts, C. 2005. Confronting a biome crisis: global disparities of habitat loss and protection. *Ecology Letters* 8:23-29.
- Huete, A.R., Didan, K., Shimabukuro, Y.E., Ratana P., Saleska, S.R., Hutya, L.R., Yang, W., Nemani, R.R. & Myneni, R. , 2006: Amazon rainforests green-up with sunlight in dry season. *Geophys. Res. Lett.* 33, L06405, doi:10.1029/2005GL025583.
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E.P., Gao, X. & Ferreira, L.G. 2002. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment* 83: 195-213.
- IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 2011. Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite. Brasília, IBAMA.
- IBGE. 2012. Manual técnico da Vegetação Brasileira. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 92p.
- Jönsson, P. & Eklundh, L., 2004, TIMESAT - a program for analysing time-series of satellite sensor data. *Computers and Geosciences* 30: 833-845.
- Justice, C.O., Townshend, J.R.G., Holben, B.N. & Tucker, C.J. 1985. Analysis of the phenology of global vegetation using meteorological satellite data. *International Journal of Remote Sensing* 6: 1271–1318.
- Krepskowski, J., Brauning, A., Gebrekirstos, A. & Strobl, S. 2011. Cambial growth dynamics and climatic control of different tree life forms in tropical mountain forest in Ethiopia. *Trees-Structure and Function* 25: 59–70.
- Kummerow, C. *et al.* 2000. The Status of the Tropical Rainfall Measuring Mission. Mission (TRMM) after Two Years in Orbit. *Journal of Applied Meteorology* 39 (12):1965-1982.
- Lehmann, C.E.R.; Anderson, T.M.; Sankaran, M.; Higgins, S.I.; Archibald, S.; Hoffmann, W.A.; Hanan, N.P.; Williams, R.J.; Fensham, R.J.; Felfili, J.; Hutley, L.B.; Ratnam, J.; San Jose, J.; Montes, R.; Franklin, D.; Russell-Smith, J.; Ryan, C.M.; Durigan, G.; Hiernaux, P.; Haidar, R.; Bowman, D.M.J.S. & Bond, W.J. 2014. Savanna vegetation-fire-climate relationships differ among continents. *Science*, 343:548–552.

- Liesenberg, V., Ponzoni, F.J. & Galvao, L.S. 2007. Análise da dinâmica sazonal e separabilidade espectral de algumas fitofisionomias do cerrado com índices de vegetação dos sensores MODIS/TERRA e AQUA. *Revista Árvore* 31(2):295-305.
- Linares-Palomino, R., A.T.Oliveira-Filho, and R.T.Pennington. 2011. Neotropical seasonally dry forests: diversity, endemism and biogeography of woody plants. In: *Seasonally dry tropical forests: ecology and conservation*. (R. Dirzo, H. S. Young, H. A. Mooney, and G. Ceballos, eds). Island Press, Washington, DC. p. 3–21
- McCune, B. & Grace, J.B. 2002. *Analysis of ecological communities*. MjM, Glenden Beach, USA.
- McCune, B. & M. J. Mefford. 2011. *PC-ORD – multivariate analysis of ecological data, version 6.0*. MjM Software Design, Glenden Beach, USA.
- Miles, L. Newton, A.C., Defries. R.S., Ravilious, C., May, I., Blyth, S., Kapos, V., L. & Gordon, J.E. 2006. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography* 33:491-505.
- Miranda, S.C., Bustamante, M., Palace, M., Hangen, S., Keller, M. & Ferreira, L.G. 2014. Regional Variations in Biomass Distribution in Brazilian Savanna Woodland. *Biotropica* 46(2): 125–138.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Fonseca, G.A.B., Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- Murphy, P.G. & Lugo, A.E. 1995. Dry forests of Central America and the Caribbean, in *Seasonally Dry Tropical Forests*, Mooney, H.A., Bullock, S.H., and Medina, E., Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 146.
- Myneni, R., Keeling, C.D., Tucker, C.J., Asrar, G. & Nemani, R.R. 1997. Increased plant growth in northern high latitudes from 1981–1991. *Nature* 386: 698–702.
- Nakagawa, S. & Schielzeth, H. 2013. A general and simple method for obtaining  $R^2$  from generalized linear mixed-effects models. *Methods Ecol. Evol.* 4: 133–142.
- Neves, D.M., Dexter, K.G., Pennington, R.T., Bueno M.L., Oliveira Filho, A.T. 2015. Environmental and historical controls of floristic composition across the South American Dry Diagonal. *Journal of Biogeography* doi:10.1111/jbi.12529.
- Oksanen, J.F.G., Blanchet, R., Kindt, P., Legendre, P. R., Minchin, R. B., O’Hara, G. L., Simpson, P., Solymos, M.H.H., Stevens & Wagner, H. 2013. *Vegan: Community Ecology package*. Available at: <http://vegan.r-forge.r-project.org> (accessed 26 April 2016).
- Oliveira, T.C.A., Carvalho, L.M.T., Oliveira, L.T., Martinhago, A. Z., Júnior, F.W.A., & Lima, M.P. 2010. Mapping deciduous forests by using time series of filtered modis NDVI and neural networks. *Lavras* 16(2): 23-130.
- Oliveira-Filho, A.T. 2009. Classificacao das fitofisionomias da America do Sul extra-Andina: proposta de um novo sistema - pratico e flexivel - ou uma injecao a mais de caos? *Rodriguésia* 60:237-58.
- Oliveira-Filho, A.T. & Ratter, J.A. 2002. Vegetation Physiognomies and Woody Flora of the Cerrado Biome. In: Oliveira PS, Marquis RJ. (eds.) *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna*. New York, Columbia University Press. p. 93-120.
- Oliveira-Filho, A.T., Jarenkow, J.A. & Rodal, M.J.N. 2006. Floristic relationships of seasonally dry forests of eastern South America based on tree species distribution patterns. In R. T. Pennington, G. P. Lewis, & J. A. Ratter (Eds.). *Neotropical savannas and dry forests: Plant diversity, biogeography, and conservation*, Taylor & Francis CRC Press, Oxford, UK. p. 159–192.
- Oliveira-Filho, A.T., Budke, J.C., Jarenkow, J.A., Eisenlohr, P.V., & Neves, D.R.M. 2013. Delving into the variations in tree species composition and richness across

- South American subtropical Atlantic and Pampean forests. *J. Plant Ecol.* <http://dx.doi.org/10.1093/jpe/rtt058> pages 1-23.
- Oxford, 2010. *A dictionary of Ecology*. 4th ed., Oxford (United Kingdom), p. 418.
- Pennington, R.T., Prado, D.E. & Pendry, C.A. 2000. Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. *Journal of Biogeography* 27(2): 261-273.
- Pennington, R.T., Lewis, G.P., & Ratter, J.A. 2006. An overview of the plant diversity, biogeography and conservation of Neotropical savannas and seasonally dry forests. In: Pennington, R.T., Lewis, G.P., and Ratter, J.A. (eds.) *Neotropical savannas and seasonally dry forests: plant diversity, biogeography, and conservation*. CRC Press, Boca Raton, U.S.A. pp. 1-29.
- Pinheiro, J., D. Bates, S. Debroy, & D. Sarkar. 2011. nlme: Linear and nonlinear mixed effects models. R package version 3.1-100, Vienna, Austria.
- Pinto-da-Rocha, R., Silva, M.B. & Bragagnolo, C. 2005. Faunistic similarity and historic biogeography of the harvestmen of southern and southeastern Atlantic rain forest of Brazil. *The Journal of Arachnology* 33: 290–299.
- Portillo-Quintero, C.A. & Sánchez-Azofeifa, G.A. 2010. Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. *Biological Conservation* 143:144-155.
- R Development Core Team 2015. R: A language and environment for statistical computing. ver. 3.1.3. In: R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Ratana, P., Huete, A. & Ferreira, L.G. 2005. Analysis of Cerrado physiognomies and conversion in the MODIS seasonal-temporal domain. *Earth Interactions* 9(3):22:38.
- Ratter, J.A., Richards, P.W., Argent, G. & Gifford, D.R., 1973. Observations on the vegetation of north eastern Mato Grosso, 1. The woody vegetation types of the Xavantina-Cachimbo expedition area. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 226:449–492.
- Ratter, J.A. 1992. Transitions between cerrado and forest vegetation in Brasil. In: Furley, P.A., Proctor, J. & Ratter, J. A. (Eds.) *Nature and dynamics of forest savanna boundaries*. Chapman & Hall, London. p. 51-76.
- Reichstein, M., Bahn, M., Mahecha, M.D., Kattge, J. & Baldocchi, D.D. 2014. Linking plant and ecosystem functional biogeography. *Proceedings of the National Academy of Sciences, U.S.A* 111, 13697–13702.
- Restrepo-Coupe, N., da Rocha, H.R., Hutyra, L.R., da Araujo, A.C., Borma, L.S., Christoffersen, B., Cabral, O.M.R., de Camargo, P.B., Cardoso, F.L., da Costa, A.C.L., Fitzjarrald, D.R., Goulden, M.L., Kruijt, B., Maia, J.M.F., Malhi, Y.S., Manzi, A.O., Miller, S.D., Nobre, A.D., von Randow, C., Sá, L.D.A., Sakai, R.K., Tota, J., Wofsy, S.C., Zanchi, F.B. & Saleska, S.R. 2013. What drives the seasonality of photosynthesis across the amazon basin? A cross-site analysis of eddy flux tower measurements from the brasil flux network, *Agr. Forest Meteorol.*, 182/183: 128–144, doi:10.1016/j.agrformet.2013.04.031.
- Ribeiro, J.F. & Walter, B.M.T. 2008. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: *Cerrado: ecologia e flora* (Sano, S. M., Almeida, S. P. de, Ribeiro, J. F., eds.). Embrapa Cerrados, Brasília, p. 151-212.
- Richardson, A.D., Keenan, T.F., Migliavacca, M., Ryu, Y., Sonnentag, O. & Toomey, M. Climate change, phenology and phenological control of vegetation feedbacks to the climate system. 2013. *Agric For Meteorol.* 169(0):156–73. doi: 10.1016/j.agrformet.2012.09.012
- Rizzini, C.T. 1963. Nota prévia sobre a divisão fitogeográfica do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia* 25: 1–64.
- Rossato, D.R., Carvalho, F.A., & Haridasan, M. 2015. Soil and leaf nutrient content of tree species support deciduous forests on limestone outcrops as a eutrophic

- ecosystem. *Acta Botanica Brasilica* 29(2):231-238. <https://dx.doi.org/10.1590/0102-33062014abb0039>
- Rousseeuw, P., Struyf, A. & Hubert, M. 2014. cluster: Cluster Analysis Extended Rousseeuw et al. (<http://cran.r-project.org/web/packages/cluster/index.html>).
- Rozante, J.R., Moreira, D.S., Gonçalves, L.G.G. & Vila, D.A. 2010. Combining TRMM and Surface Observations of Precipitation: Technique and Validation over South America. *Weather and Forecasting*, 25:885–894.
- Sano, E.E., Rosa, R., Brito, J.L.S. & Ferreira, L.G. 2008. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira* 43(1): 153-156.
- Santos, N., Ferreira Junior, L. & Ferreira, N. 2011. Patterns of spatial and temporal distributions temperatures of surface types associated to use and occupation of land in the Cerrado biome). *Revista Mercator*, 10(21). doi: 10.4215/RM2011.1021.0013
- Santos, R.M., Oliveira-Filho, A.T., Eisenlohr, P.V., Queiroz, P.L., Cardoso, D.B.O.S. & Rodal, M.J.N. 2012. Identity and relationship of the Arboreal Caatinga among other floristic units of seasonally dry tropical forests (SDTF) of north-eastern and Central Brazil. *Ecology and Evolution* 2(2): 409-429.
- Scariot, A. & Sevilha, A.C. 2005. Biodiversidade, estrutura e conservação de florestas estacionais decíduas no Cerrado. In: *Cerrado: Ecologia, biodiversidade e conservação* (Scariot, A., Souza-Silva, J.C. & Felfili, J.M., eds.). Ministério do Meio Ambiente, Brasília. p. 121-139.
- Schwartz, M.D. & Reiter, B.E. 2000. Changes in North American spring. *International Journal of Climatology*. 20(8):929–32.
- Silva, F.A.M., Assad, E.D. & Evangelista, B.A. 2008. Caracterização climática do Bioma Cerrado. In: *Cerrado: ecologia e flora* (Sano, S. M., Almeida, S. P. de, Ribeiro, J. F. eds.). Embrapa Cerrados, Brasília, p. 61-88.
- 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(4): 536-548.
- Simon, M.F. & Pennington, R.T. 2012. The evolution of adaptations of woody plants in the savannas of the Brazilian Cerrado. *International Journal of Plant Sciences* 173: 711-723.
- Smith, A.C. & Johnston, I.M. 1945. A phytogeographic sketch of Latin America, in *Plants and Plant Science in Latin America. A New Series of Plant Science Books*, Vol. 16, Verdoorn, F. Ed, Chronica Botanica Co., Waltham, Massachusetts.
- Solórzano, A., Pinto, J.R.R., Felfili, J.M. & Hay, J.D.V. 2012. Perfil florístico e estrutural do componente lenhoso em seis áreas de cerradão ao longo do bioma Cerrado. *Acta Botanica Brasilica* 26(2):328-341.
- Somavilla, N., Kolb, R.M. & Rossatto, D.R. 2014. Leaf anatomical traits corroborate the leaf economic spectrum: a case study with deciduous forest tree species. *Brazilian Journal of Botany* 37: 69-82.
- Tang, X., Li, H., Xua, X., Luoa, J., Li, X, Dingb, Z. & Xiec, J. 2016. Potential of MODIS data to track the variability in ecosystem water-use efficiency of temperate deciduous forests *Ecological Engineering* 91: 381–391. doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.02.022
- Thomas, W.W., Carvalho, A.M.V., Amorim, A.M., Garrison, J. & Santos, T.S. 2008. Diversity of woody plants in the Atlantic coastal forest of southern Bahia, Brazil. In *The Atlantic Coastal Forests of Northeastern Brazil*. Mem. New York Bot. Gard. 100:21-66.

- Toledo, M., Poorter, L., Peña-Claros, M., Alarcón, A., Balcázar, J., Chuvina, J., Leño, C., Licona, J.C., ter Steege, H. & Bongers, F. 2011. Patterns and determinants of floristic variation across lowland forests of Bolivia. *Biotropica* 43:405-413.
- Tomlinson, K.W., Poorter, L., Sterck, F.K., Borghetti, F., Ward, D., de Bies, B. & van Langevelde, F. 2013. Leaf adaptations of evergreen and deciduous trees of semi-arid and humid savannas on three continents. *Journal of Ecology* 101:430-440.
- Trouet, V., Mukelabai, M., Verheyden, A. & Beeckman, H. 2012. Cambial growth season of brevi-deciduous *Brachystegia spiciformis* trees from South Central Africa restricted to less than four months, *PLoS ONE*, 7, e47364, doi:10.1371/journal.pone.0047364.
- Veloso, H.P. & Góes-Filho, L. 1982. Classificação fisionômico-ecológica da vegetação neotropical. *Bol. Téc. Proj. Radambrasil* v.7.
- Wagner, F.H., Hérault, B., Bonal, D., Stahl, C., Anderson, L.O., Baker, T.R., ... & Aragão, L.E.O.C. 2016. Climate seasonality limits carbon assimilation and storage in tropical forests. *Biogeosciences Discuss.*, doi:10.5194/bg-2015-619.
- Walter, H. 1985. *Vegetation of the earth and ecological systems of the geo-biosphere*, 3rd edn. Springer-Verlag, Berlin.
- Wan, Z., Feng, Y., Zhang, J. & King, D. 1998. Land-surface temperature and emissivity retrieval from Modis Airborne Simulator (MAS) data. *Summaries of the Seventh JPL Airborne Earth Science Workshop*, 3:57-66.
- Werneck, F.P., Costa, G.C., Colli, G.R., Prado, D.E. & Sites, J.W. 2011. Revisiting the historical distribution of seasonally dry tropical forests: new insights based on palaeodistribution modelling and palynological evidence. *Global Ecology and Biogeography* 20: 272–288.
- Wessels, K., Steenkamp, K., von Maltitz, G. & Archibald, S. 2011. Remotely sensed vegetation phenology for describing and predicting the biomes of South Africa. *Applied Vegetation Science* 14:49-66
- Wohlfart, C., Wegmann, M. & Leimgruber, P. 2014. Mapping threatened dry deciduous dipterocarp forest in South-east Asia for conservation management. *Tropical Conservation Science*, 7(4):597-613.
- Zar, J.H. 1999. *Biostatistical analysis*. 4<sup>th</sup>ed. New Jersey, Prentice-Hall, Inc., 663p.
- Zhang, J.L., Zhu, J.J. & Cao, K.F. 2007. Seasonal variation in photosynthesis in six woody species with different leaf phenology in a valley savanna in southwestern China. *Trees* 21:631–643.
- Zhang, J., Hu, Y., Xiao, X., Chen, P., Han, S., Song, G. & Yu, G. 2009. Satellite-based estimation of evapotranspiration of an old-growth temperate mixed forest. *Agric. Forest Meteorol* 149:976–984.
- Zuur, A. F., Ieno, E. N., Walker, N. J., Saveliev, A. A. & Smith, G. M. 2009. *Mixed effects models and extensions in ecology with R*. Springer Verlag, New York.

#### **4 - Considerações finais**

Usamos dois parâmetros principais, a composição florística-estrutural da vegetação arbórea (composição de espécies arbóreas e densidade de suas populações) e os ciclos da fenologia foliar, obtidas através da suavização do Índice de Vegetação Melhorado de imagens do sensor orbital MODIS, para comparar remanescentes de Florestas Tropicais Sazonalmente Secas (FTSS) em escala refinada no núcleo do bioma Cerrado, onde são reconhecidas como Matas Secas ou Florestas Estacionais. Determinamos elevada diversidade beta do componente arbóreo da vegetação, identificando oito grupos fitofisionômicos que ocupam distintos setores biogeográficos do Cerrado. Verificamos que mudanças graduais na composição florística-estrutural determinam as diferenças entre os dois grupos fitofisionômicos (GF) da área nuclear do Cerrado (GFC e GFCW), assim como desses em relação aos remanescentes das áreas de contato com a Caatinga (GFNE e GFE). Por outro lado, abruptas substituições na composição florística-estrutural foram evidenciadas entre os remanescentes da área nuclear e aqueles que ocupam as faixas de transição com a Mata Atlântica (GFSE e GFS) e Amazônia (GFNW e GFN). Assim, apresentamos um novo ponto de vista em relação à forte desconexão florística entre FTSS da área nuclear do Cerrado e FTSS que ocorrem na faixa de transição e de contato com a Mata Atlântica e Amazônia. Com a identificação dos oito GF de FTSS do Cerrado desvendamos padrões fitogeográficos adicionais e em escala mais refinada aos que hoje são reconhecidos. Esses resultados podem subsidiar a elaboração e revisão de políticas públicas dirigidas ao conjunto das fitofisionomias do Cerrado.

As condições de elevada disponibilidade de nutrientes dos solos, baixa precipitação anual média e a marcante sazonalidade da precipitação que predominam na área nuclear do Cerrado (GFC) e nas transições com a Caatinga, nas bordas leste (GFE) e nordeste (GFNE), são suavizadas em direção à borda oeste (GFCW) e contato com a Amazônia (GFNW e GFN) e rumo ao sudeste e sul nas áreas de contato com a Mata Atlântica (GFSE e GFS). Além da diversidade beta, verificamos que essas forças ambientais estruturadas no espaço controlam os padrões de diversidade local (riqueza, raridade e dominância ecológica), as tendências fitogeográficas e os ciclos de fenologia foliar que identificamos nesse estudo.

Confirmamos que a proximidade com os biomas vizinhos influenciam as tendências fitogeográficas das espécies indicadoras dos remanescentes que ocupam as

áreas de contato com as florestas úmidas (Amazônia e Mata Atlântica) e a borda leste no contato com a Caatinga. Por outro lado, verificamos que as espécies indicadoras dos remanescentes da área nuclear e da borda nordeste do Cerrado possuem ocorrência centradas nos limites do Cerrado. Assim, nosso estudo revela que as FTSS da área nuclear do Cerrado não são formações extra-Cerrado. Ao invés de extensões de biomas vizinhos, os remanescentes da área nuclear devem ser tratados como relictos do bioma Cerrado. Corroborando esse ponto de vista, identificamos que as únicas espécies endêmicas do Cerrado foram restritas aos remanescentes de FTSS da área nuclear.

Os remanescentes que ocupam o setor centro-oeste da área nuclear (GFCW) e os que estão dispostos na faixa de contato do Cerrado com o bloco norte da Mata Atlântica (GFSE) detêm a maior diversidade (espécies totais, raras e dominantes). Por outro lado, a dominância ecológica é elevada em remanescentes de baixa riqueza na área nuclear central do Cerrado (GFC) e nos contatos com a borda leste com a Caatinga (GFE) e com o bloco sul da Mata Atlântica (GFS). A variação na disponibilidade de nutrientes dos solos foi o preditor ambiental que explicou melhor essa variação na diversidade local entre os remanescentes dos distintos setores do Cerrado.

Portanto, as estratégias de conservação e manejo das FTSS do Cerrado devem necessariamente considerar o caráter peculiar da composição florística-estrutural das comunidades e das características ambientais locais dos sítios de remanescentes da área nuclear do Cerrado e suas faixas de transição e contato com outros biomas do Brasil. Por exemplo, tanto áreas de FTSS com elevada diversidade, como aquelas com pronunciada dominância ecológica devem ser contempladas em programas de conservação devido a elevada dissimilaridade entre os remanescentes de setores distintos do Cerrado. Assim, nossos resultados gerados através de análises de dados quali-quantitativos corroboram o que alguns autores sugeriram de forma empírica, como por exemplo Sevilha *et al.* (2004) em “Estado atual da representatividade de unidades de conservação em Florestas Estacionais Deciduais no Brasil”.

Através da avaliação remota multitemporal, detectamos consistente gradiente fenológico no sentido leste-oeste do Cerrado, com a identificação de quatro grupos fenológicos com tendências que variam de decíduas (no contato com a Caatinga) a sempre-verde (no contato com a Amazônia). Além disso, determinamos expressivas diferenças nos ciclos dos remanescentes entre os oito grupos fitofisionômicos, anteriormente identificados, e que métricas fenológicas podem ser utilizadas para

representar parte da variação da diversidade de espécies arbóreas (alfa e beta), assim como da área basal das formações florestais avaliadas.

De forma geral, a avaliação convencional do grau de deciduidade das FTSS brasileiras é comprometida pela baixa quantidade de visitas a campo ou pelo uso de imagens de satélite de baixa resolução, obtidas em apenas uma estação do ano (IBAMA 2011). Propusemos nesse estudo, avaliações multitemporais que captaram as variações na fenologia foliar ao longo do ano por mais de uma década (2001 a 2013). Além dos gradientes fenológicos, identificamos que os principais controles dos níveis de abscisão foliar dos remanescentes podem ser atribuídos à precipitação (anual média e a da semana mais chuvosa do ano) e a disponibilidade de nutrientes dos solos. Florestas decíduas estão associadas a menor precipitação anual média e aos sítios com elevada disponibilidade de nutrientes nos solos. No entanto, a abscisão foliar das FTSS das áreas de contato do Cerrado com a Mata Atlântica (GFS e GFSE) foi relacionada com a diminuição da temperatura média mensal na estação seca, enquanto que nos remanescentes dos demais GF esse evento fenológico foi relacionado com o aumento da temperatura mensal.

Apesar da relativa simplicidade na interpretação dos ciclos e métricas fenológicas das FTSS, é necessário determinar a intensidade e direção da influência de preditores climáticos e edáfico e considerar as variações florísticas e estruturais das formações florestais. Tomando essas precauções, informações derivadas das séries temporais de EVI (Índice de Vegetação Melhorado), como os ciclos de fenologia foliar e as métricas fenológicas, podem subsidiar a elaboração de mapas de distribuição e temáticos da diversidade e da estrutura da vegetação, com resolução espacial de 250 m na escala regional do Cerrado. Poderíamos, por exemplo, definir os intervalos das métricas fenológicas dos GF e utilizá-los em análises de árvores de regressão para mapear os remanescentes de distintos setores do Cerrado e posteriormente produzir mapas da diversidade local, assim como da biomassa local das distintas formações de FTSS do Cerrado.

Essa abordagem fenológica por meio de sensores remotos é particularmente importante para os remanescentes de FTSS do Cerrado que são subestimadas em mapas de ampla escala ou classificadas como áreas de tensão ecológica dentro do mosaico de formações vegetais savânicas, campestres e florestais. Diante do compromisso do governo do Brasil em emitir relatórios bianuais de emissões de gases do efeito estufa,

essa abordagem apresenta-se como alternativa para obtenção de métricas relacionadas a biomassa em dos sítios de FTSS do Cerrado, considerando os limitados recursos financeiros disponíveis para atividades para coleta de dados *in situ*. No entanto, dados coletados em campo são imprescindíveis para a calibração e validação de qualquer modelo matemático elaborado através de informações remotas. Considerando que as informações remotas das séries temporais dos índices de vegetação e as séries históricas de precipitação e temperatura estão disponíveis gratuitamente na rede mundial de computadores, assim como as imagens de alta resolução do Google Earth e o programa TIMESAT, desenvolvemos uma forma de monitorar as FTSS de forma remota e com recursos monetários limitados.. O protocolo de análises aqui propostos pode direcionar novas campanhas de campo em áreas com restrições de informações biológicas, com padrões diferenciados aos relevados nas séries temporais dos índices de vegetação e nas interações com o clima que identificamos nesse estudo.

Por último, vale ressaltar que não foi nossa intenção rever acirrados debates das definições dos tipos de vegetação e biomas do Brasil. No entanto, avaliamos aspectos fitofisionômicos, fenológicos, biogeográficos e ambientais que esclarecem alguns questionamentos controversos a respeito do núcleo de FTSS do bioma Cerrado em escala refinada. Cabe lembrar que essa divisão espacial dos biomas não se constituiu de uma linha divisória onde, de um lado temos o bioma Cerrado e do outro, a Mata Atlântica, Amazônia ou Caatinga. Parte dos sítios considerados formações extra-Cerrado estão na zona de transição entre biomas (áreas ecotonais), em uma área de tensão ecológica ou até mesmo dentro dos limites oficiais dos biomas Mata Atlântica, Amazônia ou Caatinga. Nessas áreas, o clima predominante em uma ou outra região (bioma), é gradualmente amortizado de acordo com barreiras podendo, portanto, estender-se mais ou menos em direção a um, ou outro, “bioma”. Além do clima, faz-se necessário considerar outros componentes que caracterizam um bioma, tais como as formações vegetais. Estas, por sua vez, são moduladas por outras variáveis ambientais além do clima, por exemplo, geomorfologia e solos. As FTSS das áreas de transição com a Mata Atlântica, que estão representadas pelos sítios dos GFS e GFSE, talvez não deveriam ser consideradas como parte do bioma Cerrado uma vez que o clima dessa região está mais para subtropical do que para tropical, embora formações savânicas possam coexistir com formações florestais nessa região. Isto vale para as formações savânicas da Amazônia. Os enclaves de cerrado da Amazônia fazem parte do bioma

amazônico e não do Cerrado, assim como as savanas da Venezuela, África ou Austrália. Nosso estudo esclarece a necessidade do entendimento dessas interações (diversidade de espécies, fenologia foliar, clima e solos) para padronizar as formas de classificação das formações florestais do Brasil em seus devidos biomas.

**Material Suplementar 1** – Classificação das fitofisionomias predominantes nos 84 remanescentes de Floresta Estacional amostrados dentro dos limites e nas transições do Cerrado com a Caatinga, Mata Atlântica e Amazônia. T = temperatura; Prec = Precipitação; Arg. = Teor médio de argila do solo; V = Saturação de bases; Alt = Altitude; UF = unidade federativa. Esforço amostral (N parc.), limite de inclusão (DAP), tamanho da amostra em hectare (Amos.), riqueza de espécies observadas (S), número de espécies raras (Rar.) obtidas através de curvas de rarefação, número de espécies dominantes (Dom.) obtidas através de curvas de rarefação e as fontes das amostras são apresentados.

Remanescente	Tipo de vegetação	Latitude	Longitude	Alt (m)	T (C°)	Prec (mm)	Arg. (%)	V (%)	Tipo de solo predominante	UF	Bacia Hidrográfica	N parc.	DAP (cm)	Amos.	Dens. (ind.ha-1)	G (m².ha-1)	S	Rar.	Dom.	Fonte
Aleg_GO	Floresta Estacional Decídua Submontana	-13,1522	-46,656	594	25,0	1523	32,0	92,0	Neossolo Litólico	GO	Tocantins	25	5	1	660.0	19.51	52	21	13	Nascimento <i>et al.</i> (2004)
Alt1_GO	Floresta Estacional Semidecídua Montana	-16,5436	-49,133	838	22,7	1371	30,4	25,5	Argissolo Vermelho	GO	Paraná	12	5	0,48	1204.2	19.13	83	46	30	Haidar <i>et al.</i> (2005)
Alt2_GO	Floresta Estacional Semidecídua Montana	-16,5782	-49,1721	884	23,2	1393	29,8	35,6	Argissolo Vermelho	GO	Paraná	13	5	0,52	821.2	20.05	88	57	37	Haidar <i>et al.</i> (2005)
Anto_TO	Floresta Estacional Semidecídua Submontana	-11,885	-49,1122	284	26,5	1482	19,0	33,9	Latossolo Vermelho-Amarelo	TO	Tocantins	13	5	0,52	663.5	21.54	55	20	7	Haidar <i>et al.</i> (2013)
Ara1_TO	Floresta Estacional Sempre-Verde Submontana	-7,33268	-48,9541	195	25,9	1750	16,3	18,5	Latossolo Vermelho-Amarelo	TO	Tocantins	15	5	0,6	651.7	26.22	79	44	26	Haidar <i>et al.</i> (2013)
Ara2_TO	Floresta Estacional Sempre-Verde Submontana	-6,98079	-49,0461	206	26,2	1682	9,5	6,2	Latossolo Vermelho-Amarelo	TO	Tocantins	14	5	0,56	619.6	29.26	89	57	33	Haidar <i>et al.</i> (2013)
Araç_MG	Floresta Estacional Decídua Submontana	-16,9108	-42,1077	335	23,9	844	17,0	71,0	Argissolos Vermelho-Amarelos	MG	Atlântico Leste	16	5	1,6	1678.7	17.34	70	30	22	Mello <i>et al.</i> (2008)
Arua_GO	Floresta Estacional Semidecídua Submontana	-14,755	-51,0263	256	26,1	1572	11,0	49,7	Argissolo Vermelho-Amarelo	GO	Tocantins	15	5	0,6	1213.3	21.91	87	35	20	Haidar <i>et al.</i> (esse estudo)
Bals_TO	Floresta Estacional Semidecídua Submontana	-10,2556	-48,0433	535	25,0	1696	30,3	8,2	Plintossolos Petricos Concrecionarios	TO	Tocantins	15	5	0,6	1083.3	33.30	112	57	35	Haidar <i>et al.</i> (2013)
Barr_TO	Floresta Estacional Semidecídua Submontana	-8,57123	-48,7499	294	25,9	1941	12,3	26,0	Plintossolos Petricos Concrecionarios	TO	Tocantins	12	5	0,48	1143.8	20.20	85	40	21	Haidar <i>et al.</i> (2013)
Buen_MG	Floresta Estacional Decídua Montana	-17,8976	-43,9856	620	20,3	1308	28,0	93,0	Neossolo Litólico	TO	São Francisco	25	5	1	1030.0	17.27	78	27	14	Haidar <i>et al.</i> (2010b)
Buri_MG	Floresta Estacional Decídua Submontana	-17,4631	-45,0536	560	22,9	1192	40,5	53,1	Neossolo Litólico	MG	São Francisco	24	5	0,96	1578.1	18.40	71	26	15	Haidar <i>et al.</i> (2010b)
Cai1_TO	Floresta Estacional Perenifolia Submontana	-9,71589	-49,6994	188	26,9	2103	7,5	7,9	Plintossolo Petrico Concrecionario	TO	Tocantins	10	5	0,4	916.7	23.88	55	27	15	Haidar <i>et al.</i> (2013)
Cai2_TO	Floresta Estacional Perenifolia Submontana	-9,48685	-49,7765	190	26,8	2100	16,3	27,0	Plintossolo Petrico Concrecionario	TO	Tocantins	15	5	0,6	1106.7	26.44	91	38	20	Haidar <i>et al.</i> (2013)
Coco_TO	Floresta Estacional Perenifolia Submontana	-9,80057	-49,7321	193	27,0	2074	15,0	11,3	Plintossolo Petrico Concrecionario	TO	Tocantins	11	5	0,44	1050.0	34.59	69	36	23	Haidar <i>et al.</i> (2013)
ConD_PI	Floresta Estacional Decídua Submontana	-9,24298	-43,3273	520	25,6	803	22,3	81,0	Argissolo Vermelho-Amarelo	PI	São Francisco	20	5	0,8	870.0	15.71	43	20	13	Haidar <i>et al.</i> (esse estudo)
ConS_PI	Floresta Estacional Decídua Submontana	-9,28422	-43,9491	650	24,8	850	16,0	32,5	Neossolo Quartzarênico	PI	São Francisco	12	5	0,48	1104.2	11.45	38	19	11	Haidar <i>et al.</i> (esse estudo)
Coqu_MG	Floresta Estacional Semidecídua Montana	-21,1247	-45,3391	1012	20,5	1388	70,0	28,0	Cambissolo	MG	Minas Gerais	20	5	0,8	1072.5	28.39	142	70	44	Moreira <i>et al.</i> (2013)
Cord_TO	Floresta Estacional Decídua / Perenifolia Submontana	-6,7086	-48,1297	576	25,7	1689	9,0	11,6	Neossolo Quartzarênico	TO	Tocantins	10	5	0,4	865.0	18.30	60	26	12	Haidar <i>et al.</i> (2013)
Cori_BA	Floresta Estacional Decídua Submontana	-13,4998	-44,2372	539	24,6	728	28,6	92,2	Neossolo Litólico	BA	São Francisco	25	5	1	881.0	44.81	44	15	8	Pereira <i>et al.</i> (2011)
Cunh_TO	Floresta Estacional Decídua / Semidecídua Submontana	-7,77505	-48,7217	256	26,0	1875	8,0	61,8	Latossolos Vermelho-Amarelos	TO	Tocantins	10	5	0,4	992.5	17.96	58	32	20	Haidar <i>et al.</i> (2013)

Remanescente	Tipo de vegetação	Latitude	Longitude	Alt (m)	T (C°)	Prec (mm)	Arg. (%)	V (%)	Tipo de solo predominante	UF	Bacia Hidrográfica	N parc.	DAP (cm)	Amos.	Dens. (ind.ha-1)	G (m².ha-1)	S	Rar.	Dom.	Fonte
Dom1_GO	Floresta Estacional Decídua Submontana	-13,8176	-46,6833	459	25,8	1222	12,0	62,0	Neossolo Litólico	GO	Tocantins	25	5	1	860.0	18.60	51	24	16	Silva & Scariot (2003)
Dom2_GO	Floresta Estacional Decídua Submontana	-13,6835	-46,7327	473	25,8	1222	12,0	62,0	Neossolo Litólico	GO	Tocantins	25	5	1	537.0	8.49	36	20	14	Silva & Scariot (2004b)
Dom3_GO	Floresta Estacional Decídua Submontana	-13,5199	-46,6572	455	25,7	1220	42,0	72,0	Neossolo Litólico	GO	Tocantins	25	5	1	924.0	9.95	48	20	14	Silva & Scariot (2004a)
Dom4_GO	Floresta Estacional Decídua Submontana	-13,5727	-46,7251	456	25,9	1229	46,9	87,3	Argissolo Vermelho	GO	Tocantins	57	5	2,3	844.1	21.31	58	23	14	Haidar <i>et al.</i> (esse estudo)
Duer_TO	Floresta Estacional Semidecídua Submontana	-11,2659	-49,7127	204	27,3	1803	26,0	34,8	Plintossolo Petrico Concrecionario	TO	Tocantins	23	5	0,92	737.5	22.17	94	44	25	Haidar <i>et al.</i> (esse estudo)
Ferc_DF	Floresta Estacional Semidecídua Montana	-15,5585	-47,8633	877	21,8	1434	33,9	89,3	Neossolo Litólico	DF	Tocantins	25	5	1	1745.0	22.04	80	29	20	Haidar <i>et al.</i> (2013)
Form_BA	Floresta Estacional Decídua Submontana	-11,0872	-45,1354	505	24,1	907	33,0	66,2	Neossolo Litólico	BA	São Francisco	15	5	0,6	830.0	11.77	48	18	9	Haidar <i>et al.</i> (esse estudo)
Gali_SP	Floresta Estacional Semidecídua Montana	-22,4035	-49,7016	634	20,5	1281	12,0	36,0	Argissolos Vermelho-Amarelos	SP	Paraná	60	5	0,6	1055.0	30.08	59	10	4	Durigan <i>et al.</i> (2000)
Graj_MA	Floresta Estacional Semidecídua Submontana	-5,85345	-46,2362	230	25,8	1287	22,5	22,9	Latossolo Amarelo	MA	Atlântico Nordeste Ocidental	13	5	0,52	684.6	16.11	72	44	29	Haidar <i>et al.</i> (esse estudo)
Ibia_MG	Floresta Estacional Decídua Submontana	-16,74	-45,0257	489	23,1	1081	40,5	60,0	Cambissolo, Neossolo Litólico	MG	São Francisco	25	5	1	1701.0	18.42	53	13	6	Haidar <i>et al.</i> (2010)
Inga_MG	Floresta Estacional Semidecídua Montana	-21,389	-44,7515	1013	19,1	1565	27,0	20,5	Cambissolos	MG	Paraná	28	5	1,12	2683.0	29.32	138	38	19	Botrel <i>et al.</i> (2002)
Itat_SP	Floresta Estacional Semidecídua Montana	-23,2785	-48,558	612	20,2	1245	14,0	40,0	Latossolo Vermelho-Escuro	SP	Paraná	42	4,8	0,42	1997.6	31.71	93	41	27	Ivanuskas <i>et al.</i> (1999)
Jai1_MG	Floresta Estacional Decídua Submontana	-15,2938	-43,9134	533	24,3	901	64,0	75,0	Latossolo vermelho-escuro	MG	São Francisco	40	5	4	912.5	14.70	43	15	11	Mello <i>et al.</i> (2008)
Jai2_MG	Floresta Estacional Decídua Submontana	-15,3673	-44,0222	508	24,2	963	64,0	75,0	Latossolo vermelho-escuro	MG	São Francisco	80	5	8	932.1	11.99	103	28	19	Mello <i>et al.</i> (2008)
Juss_GO	Floresta Estacional Semidecídua	-15,9971	-50,9167	421	25,5	1589	17,5	62,4	Argissolo Vermelho-Amarelo	TO	Tocantins	15	5	0,6	671.7	11.94	38	13	8	Haidar <i>et al.</i> (esse estudo)
Lavr_MG	Floresta Estacional Semidecídua Montana	-21,3002	-44,3331	1035	19,4	1521	70,0	28,0	Cambissolo	MG	Paraná	20	4,8	0,8	1488.8	27.89	139	66	48	Souza <i>et al.</i> (2003)
Livr_MT	Floresta Estacional Semidecídua Montana	-15,5621	-56,987	543	24,3	1361	12,0	80,0	Latossolo Vermelho	MT	Paraguai	19	5	0,76	401.3	27.92	76	46	27	Baldin (2010)
Lon1_TO	Floresta Estacional Semidecídua Submontana	-7,18619	-48,4199	342	25,6	1763	13,3	64,2	Argissolos Vermelho-Amarelo	TO	Tocantins	13	5	0,52	584.6	26.23	40	20	13	Haidar <i>et al.</i> (2013)
Lon2_TO	Floresta Estacional Perenifolia Submontana	-7,07786	-48,211	242	26,0	1763	7,5	13,0	Neossolo Quartzarênico	TO	Tocantins	13	5	0,52	830.8	21.20	63	31	16	Haidar <i>et al.</i> (2013)
Luzi_PI	Floresta Estacional Decídua Submontana	-9,03654	-44,0356	420	25,9	946	11,0	51,2	Neossolo Litólico	PI	Parnaíba	15	5	0,6	801.7	9.80	33	11	7	Haidar <i>et al.</i> (esse estudo)
Magu_TO	Floresta Estacional Semidecídua Submontana	-10,2566	-48,6023	325	26,6	1784	27,3	8,6	Plintossolo Petrico Concrecionario	TO	Tocantins	13	5	0,62	641.9	22.98	100	58	30	Haidar <i>et al.</i> (2013))
Man1_MG	Floresta Estacional Decídua Submontana	-14,8711	-43,9822	483	24,4	829	6,0	49,0	Argissolo Vermelho	MG	São Francisco	60	5	6	997.8	20.91	80	17	10	Mello <i>et al.</i> (2008)
Manu_TO	Floresta Estacional Decídua Submontana	-8,05385	-46,8516	356	26,0	1349	16,0	77,1	Plintossolo Petrico Concrecionarios	TO	Tocantins	11	5	0,44	1068.2	23.35	63	21	9	Haidar <i>et al.</i> (2013)

Remanescente	Tipo de vegetação	Latitude	Longitude	Alt (m)	T (C°)	Prec (mm)	Arg. (%)	V (%)	Tipo de solo predominante	UF	Bacia Hidrográfica	N parc.	DAP (cm)	Amos.	Dens. (ind.ha-1)	G (m².ha-1)	S	Rar.	Dom.	Fonte
Mara_DF	Floresta Estacional Decídua Montana	-15,5054	-48,1606	830	21,3	1444	35,3	85,8	Neossolos Litólico	DF	Tocantins	25	5	1,00	1181.0	27.36	90	43	29	Pereira <i>et al.</i> (2011)
Mat1_MG	Floresta Estacional Decídua Submontana	-14,7484	-43,8146	466	24,5	840	6,0	49,0	Latossolo Vermelho-Amarelo	MG	São Francisco	70	5	7,00	889.3	15.65	98	37	25	Mello <i>et al.</i> (2008)
Mat2_MG	Floresta Estacional Decídua Submontana	-15,0699	-43,7593	481	24,3	840	64,0	75,0	Latossolo Vermelho-Amarelo	MG	São Francisco	60	5	6,00	771.0	13.63	98	19	13	Mello <i>et al.</i> (2008)
Mat3_MG	Floresta Estacional Decídua Submontana	-14,9786	-43,9017	472	24,4	829	64,0	75,0	Latossolo Vermelho-Amarelo	MG	São Francisco	40	5	4,00	1027.3	9.55	83	18	11	Mello <i>et al.</i> (2008)
Mat4_MG	Floresta Estacional Decídua Submontana	-14,8563	-43,8179	467	24,3	836	64,0	75,0	Latossolo vermelho-amarelo	MG	São Francisco	40	5	4,00	810.3	10.81	52	17	11	Mello <i>et al.</i> (2008)
Mina_GO	Floresta Estacional Semidecídua Submontana	-13,3027	-48,1792	332	25,7	1436	42,0	72,0	Argissolo Vermelho-Amarelo	GO	Tocantins	7	5	0,70	652.7	11.51	47	25	19	Brilhante <i>et al.</i> (2014)
Nati_TO	Floresta Estacional Decídua Submontana	-11,3732	-46,9207	515	25,2	1500	24,9	64,9	Neossolo Litólico	TO	Tocantins	25	5	1,00	672.0	20.26	89	50	35	Haidar <i>et al.</i> (2013)
Nova_MT	Floresta Estacional Semidecídua Submontana	-14,8255	-55,1096	462	23,5	1685	27,8	33,8	Argissolo Vermelho-Amarelo	MT	Paraguai	25	5	1,00	925.0	22.09	143	60	33	Haidar <i>et al.</i> (esse estudo)
Pal1_TO	Floresta Estacional Decídua	-12,9071	-46,5487	500	25,5	1555	37,5	90,8	Neossolo Litólico	TO	Tocantins	12	5	0,48	916.7	23.90	41	18	11	Haidar <i>et al.</i> (2013)
Pal2_TO	Floresta Estacional Decídua	-12,8127	-46,6822	610	25,9	1573	35,0	85,0	Argissolo-Vermelho	TO	Tocantins	16	5	0,56	901.8	33.52	58	29	17	Haidar <i>et al.</i> (2013)
Pal3_TO	Floresta Estacional Decídua	-12,7565	-46,4637	490	25,8	1606	34,2	93,8	Neossolo Litólicos	TO	Tocantins	19	5	0,76	810.5	26.35	57	24	17	Haidar <i>et al.</i> (2013)
Pal4_TO	Floresta Estacional Decídua	-12,6182	-46,5985	400	26,3	1587	35,7	85,1	Argissolo-Vermelho	TO	Tocantins	20	5	0,8	972.5	23.13	53	25	16	Haidar <i>et al.</i> (2013)
Palm_TO	Floresta Estacional Semidecídua Submontana	-13,1652	-48,2251	343	25,7	1450	42,0	72,0	Argissolo-Vermelho	GO	Tocantins	10	5	1,00	741.0	16.23	65	23	12	Brilhante <i>et al.</i> (2014)
Pira_TO	Floresta Estacional Decídua / Perenifolia Submontana	-6,19557	-47,9978	197	25,5	1564	7,7	7,7	Neossolo Quartzarênico	TO	Tocantins	10	5	0,40	1067.5	13.51	32	15	12	Haidar <i>et al.</i> (2013)
PirD_SP	Floresta Estacional Decídua Submontana	-22,6605	-47,6595	545	20,4	1296	42,0	68,0	Argissolo Vermelho-Amarelo	SP	Paraná	43	4.8	0,43	1941.9	22.00	51	17	9	Ivanauskas & Rodrigues (2000)
PirS_SP	Floresta Estacional Semidecídua Submontana	-22,7834	-47,8166	530	20,8	1233	34,0	75,0	Argissolo Vermelho-Amarelo	SP	Paraná	2	5	0,58	889.6	20.00	49	15	9	Nascimento & Viana (1999)
Pncg_MT	Floresta Estacional Semidecídua Montana	-15,4621	-55,768	738	23,1	1542	34,0	24,0	Argissolo Vermelho-Amarelo	MT	Paraguai	50	4.8	0,50	1214.0	28.14	73	44	31	Monteiro (1993)
Pns1_PI	Floresta Estacional Semidecídua Submontana	-4,10244	-41,6705	183	26,7	1444	12,1	17,3	Neossolo Litólico	PI	Parnaíba	14	5	0,56	1319.6	15.78	69	32	20	Haidar (2010a)
Pns2_PI	Floresta Estacional Semidecídua Submontana	-4,12471	-41,7293	223	26,7	1444	8,8	6,3	Neossolo Quatzarênico	PI	Parnaíba	11	5	0,44	1556.8	21.29	44	24	18	Haidar (2010a)
Pres_MA	Floresta Estacional Semidecídua Submontana	-4,54511	-44,2366	134	27,1	1477	28,8	59,7	Neossolo Quartzarênico	MA	Atlântico Nordeste Ocidental	14	5	0,56	789.3	13.01	72	43	28	Haidar <i>et al.</i> (esse estudo)
Sali_MG	Floresta Estacional Decídua Submontana	-16,2368	-42,2645	498	22,4	887	17,0	71,0	Argissolo Vermelho-Amarelos	MG	Atlântico Leste	20	5	2,00	987.5	10.57	42	9	5	Mello <i>et al.</i> (2008)
Sant_MG	Floresta Estacional Decídua Submontana	-16,6638	-45,4408	550	23,1	1051	64,0	75,0	Latossolo Roxo	MG	São Francisco	50	5	1,00	1075.0	16.43	80	27	12	Haidar <i>et al.</i> (esse estudo)
Sino_MT	Floresta Estacional Sempre-Verde Submontana	-11,8448	-55,5025	311	25,1	1818	26,0	27,0	Latossolo Vermelho-Amarelo	MT	Amazonas	25	5	1,00	1477.0	14.32	111	30	15	Kunz <i>et al.</i> (2008)
Son1_TO	Floresta Estacional Semidecídua Submontana	-9,96181	-47,5873	267	26,4	1567	28,3	45,0	Neossolos Quatzarenicos	TO	Tocantins	17	5	0,68	1002.9	24.15	102	46	26	Haidar <i>et al.</i> (2013)

Remanescente	Tipo de vegetação	Latitude	Longitude	Alt (m)	T (C°)	Prec (mm)	Arg. (%)	V (%)	Tipo de solo predominante	UF	Bacia Hidrográfica	N parc.	DAP (cm)	Amos.	Dens. (ind.ha-1)	G (m².ha-1)	S	Rar.	Dom.	Fonte
Son2_TO	Floresta Estacional Semidecídua Submontana	-9,97589	-47,6652	218	26,4	1567	34,2	20,1	Neossolo Quartzarenico	TO	Tocantins	16	5	0,64	1068.8	18.17	66	16	7	Haidar <i>et al.</i> (2013)
Son3_TO	Floresta Estacional Sempre-Verde Submontana	-9,17329	-47,992	256	26,5	1730	23,3	10,3	Plintossolo Petricos Concrecionario	TO	Tocantins	20	5	0,80	1078.8	23.01	108	55	39	Haidar <i>et al.</i> (2013)
Toc1_TO	Floresta Estacional Semidecídua Submontana	-9,75205	-48,3049	387	25,8	1771	16,8	69,8	Neossolo Litolico	TO	Tocantins	15	5	0,60	1140.0	20.22	88	45	26	Haidar <i>et al.</i> (2013)
Toc2_TO	Floresta Estacional Semidecídua Submontana	-10,3027	-48,135	520	25,9	1733	19,8	78,1	Argissolo Vermelho-Amarelo	TO	Tocantins	11	5	0,44	893.2	24.65	71	43	22	Haidar <i>et al.</i> (2013)
Ton1_TO	Floresta Estacional Semidecídua Submontana	-5,65584	-47,5553	198	26,3	1525	12,5	32,4	Nitossolo Vermelho	TO	Tocantins	16	5	0,64	668.8	20.55	91	50	29	Haidar <i>et al.</i> (2013)
Ton2_TO	Floresta Estacional Semidecídua Submontana	-6,39854	-47,7479	306	25,0	1598	7,0	22,9	Latossolo Vermelho-Amarelo	TO	Tocantins	10	5	0,40	1085.0	16.07	60	20	9	Haidar <i>et al.</i> (2013)
Tos1_TO	Floresta Estacional Decídua Submontana	-13,04	-48,4836	497	25,0	1571	16,6	86,6	Neossolo Litólico	TO	Tocantins	19	5	0,76	726.3	18.58	62	29	16	Haidar <i>et al.</i> (2013)
Tran_TO	Floresta Estacional Semidecídua Submontana	-8,70816	-48,436	260	26,3	1870	7,3	5,6	Neossolo Quartzarenico	TO	Tocantins	12	5	0,48	997.9	19.68	76	28	11	Haidar <i>et al.</i> (2013)
Ube1_MG	Floresta Estacional Decídua Montana	-18,7833	-48,1125	826	21,5	1500	29,6	82,0	Nitossolo Vermelho	MG	Paraná	60	4.8	1,20	1512.3	14.97	63	14	9	Siqueira <i>et al.</i> (2009)
Ube2_MG	Floresta Estacional Decídua Montana	-18,7977	-48,113	676	21,5	1500	26,4	81,0	Nitossolo Vermelho	MG	Paraná	60	4.8	1,20	869.1	12.66	44	13	7	Siqueira <i>et al.</i> (2009)
Viço_MG	Floresta Estacional Semidecídua Submontana	-20,2873	-42,7519	457	22,0	1153	41,0	18,0	Latossolo Vermelho-Amarelo	MG	Atlântico Sudeste	20	4.8	0,50	2546.0	26.24	122	33	12	Silva <i>et al.</i> (2004)
Vito_MG	Floresta Estacional Semidecídua Submontana	-19,1772	-50,6529	371	24,2	1419	26,5	70,0	Chernossolo Háplico Órtico típico	MG	Paraná	50	5	1,125	1110.2	33.19	56	16	9	Oliveira Filho <i>et al.</i> (1998)
Xamb_TO	Floresta Estacional Decídua Submontana	-6,43965	-48,4856	275	25,9	1583	22,0	67,8	Argissolo Vermelho-Amarelo,	TO	Tocantins	25	5	1,00	453.0	15.30	95	48	24	Haidar <i>et al.</i> (2013)
Xav1_MT	Floresta Estacional Semidecídua Submontana	-14,8253	-52,1592	285	25,4	1506	17,0	18,5	Plintossolo Petrico Concrecionario	MT	Tocantins	60	5	0,60	912.0	34.80	36	8	4	Marimon <i>et al.</i> (2001)
Xav2_MT	Floresta Estacional Decídua Submontana	-14,3331	-52,3336	299	25,0	1512	17,0	67,8	Neossolo Litólico	MT	Tocantins	25	5	1,00	808.0	28.13	74	34	22	Pereira <i>et al.</i> (2011)
Xav3_MT	Floresta Estacional Semidecídua Submontana	-14,8403	-52,1598	277	25,4	1515	17,0	72,5	Plintossolo Petrico Concrecionarios	MT	Tocantins	60	5	0,60	1013.8	23.03	69	22	12	Mews <i>et al.</i> (2011)

**Material Suplementar 2** – Lista das espécies arbóreas (DAP  $\geq$  5 cm) amostradas em 84 remanescentes de florestas estacionais da área nuclear e de transição do Cerrado com outros biomas do Brasil. O valor indicador (indval) das espécies indicadoras, provindo da Análise de Espécies Indicadoras (ISA), juntamente ao valor do teste de Monte Carlo (pval) e a qual grupo fitofisiológico (GF) a espécie está associada (maxcls) são apresentados. O número de indivíduos das espécies arbórea amostrados em cada GF são fornecidos, assim como o número de registros nos biomas Amazônia (Am), Caatinga (Ca), Cerrado (Ce), Mata Atlântica (At), Pampas (Pa) e Pantanal (Pant), provindo da busca realizada no site *Species-Link* (<http://splink.cria.org.br>). A presença (+) em outros ecossistemas Neotropicais foi acessados no site NeoTropTree (<http://www.icb.ufmg.br/treetatlan/>): Chaco (Chac.), Andes (Ande.), Costa do Pacífico (Paci.) e América Central (Meso.). As espécies indicadoras significativas (pval < 0.05) estão destacadas em negrito.

Espécie	Família botânica	GF									maxcls	ISA	indval	pval	Species-Link						NeoTropTree																			
		S	N	NW	SE	CW	NE	E	C	Am					Ca	Ce	At	Pa	Pant	Chac.	Ande.	Paci.	Meso.																	
<i>Carpotroche brasiliensis</i> (Raddi) A Gray	Achariaceae	-	-	-	5	-	-	-	-	-	GFSE	<b>0,400</b>	<b>0,010</b>	2	-	3	393	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Anacardium giganteum</i> W.Hancock ex Engl.	Anacardiaceae	-	-	13	-	-	-	-	-	-	GFNW	<b>0,400</b>	<b>0,012</b>	63	1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Anacardium occidentale</i> L.	Anacardiaceae	-	-	-	-	1	3	-	-	2	GFNE	0,213	0,125	132	105	277	184	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	Anacardiaceae	-	-	2	2	72	58	21	399	-	GFNE	<b>0,550</b>	<b>0,001</b>	4	49	205	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Anacardiaceae	6	-	-	-	-	-	-	1	-	GFS	<b>0,331</b>	<b>0,021</b>	13	30	92	248	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Astronium</i> sp.1	Anacardiaceae	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Cyrtocarpa caatingae</i> J.D.Mitch. & Daly	Anacardiaceae	-	-	-	-	-	-	-	125	35	GFE	<b>0,445</b>	<b>0,013</b>	-	39	44	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Lithrea molleoides</i> (Vell.) Engl.	Anacardiaceae	-	-	-	100	-	-	-	129	-	GFSE	<b>0,540</b>	<b>0,004</b>	-	4	86	80	8	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	Anacardiaceae	12	-	-	-	63	29	1.771	2479	-	GFC	<b>0,463</b>	<b>0,001</b>	-	243	236	66	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	Anacardiaceae	-	-	-	-	-	-	-	83	36	GFE	0,292	0,068	-	272	54	30	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	Anacardiaceae	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	1	15	53	572	22	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Spondias mombin</i> L.	Anacardiaceae	-	-	-	-	43	11	46	174	-	GFC	0,167	0,474	122	22	67	61	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Spondias tuberosa</i> Arruda	Anacardiaceae	-	-	-	-	-	-	-	966	-	GFE	<b>0,545</b>	<b>0,009</b>	-	503	39	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Spondias venulosa</i> (Engl.) Engl.	Anacardiaceae	-	-	-	-	-	-	-	35	-	GFE	0,273	0,059	2	16	3	147	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Anacardiaceae	-	28	44	245	170	-	-	34	-	GFSE	<b>0,601</b>	<b>0,001</b>	314	144	639	520	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
<i>Tapirira obtusa</i> (Benth.) J.D.Mitch.	Anacardiaceae	-	6	25	173	8	-	-	-	-	GFSE	<b>0,454</b>	<b>0,019</b>	42	77	72	102	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Thyrsodium spruceanum</i> Benth.	Anacardiaceae	-	-	34	-	9	-	-	-	-	GFNW	<b>0,549</b>	<b>0,004</b>	140	44	7	222	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Annona cacans</i> Warm.	Annonaceae	-	-	-	15	-	-	-	-	-	GFSE	<b>0,800</b>	<b>0,001</b>	1	3	42	156	5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Annona coriacea</i> Mart.	Annonaceae	-	-	-	-	4	-	-	-	-	GFCW	0,167	0,217	18	121	306	47	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Annona cornifolia</i> A.St.-Hil.	Annonaceae	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	3	1	49	4	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Annona emarginata</i> (Schldl.) H.Rainer	Annonaceae	-	-	-	12	-	-	-	1	-	GFSE	0,198	0,133	-	-	18	141	9	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Annona exsucca</i> DC.	Annonaceae	-	7	2	-	3	-	-	6	-	GFN	<b>0,333</b>	<b>0,031</b>	124	26	11	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Annona hypoglauca</i> Mart.	Annonaceae	-	1	-	-	22	1	-	-	-	GFCW	0,203	0,142	148	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Annona leptopetala</i> (R.E.Fr.) H.Rainer	Annonaceae	-	-	-	-	-	-	-	165	-	GFE	<b>0,545</b>	<b>0,007</b>	-	134	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Annona montana</i> Macfad.	Annonaceae	-	-	-	-	-	-	-	3	-	GFC	0,063	0,732	47	8	51	45	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Annona mucosa</i> Jacq.	Annonaceae	-	-	-	-	-	-	1	-	-	GFE	0,091	0,427	39	-	4	65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Annona dolabrifetala</i> Raddi	Annonaceae	-	-	-	12	-	-	-	-	-	GFSE	<b>0,600</b>	<b>0,002</b>	-	-	-	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Annona neosericea</i> H.Rainer	Annonaceae	-	-	-	8	-	-	-	5	-	GFSE	<b>0,562</b>	<b>0,004</b>	1	1	4	115	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Annona paludosa</i> Aubl.	Annonaceae	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	28	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Annona</i> sp.1	Annonaceae	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Annona</i> sp.2	Annonaceae	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Annona</i> sp.10	Annonaceae	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Annona</i> sp.3	Annonaceae	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Annona</i> sp.4	Annonaceae	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Annona</i> sp.5	Annonaceae	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Annona</i> sp.6	Annonaceae	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Annona</i> sp.7	Annonaceae	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Annona</i> sp.9	Annonaceae	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Espécie	Família botânica	S	N	NW	GF					C	maxcls	ISA indval	pval	Species-Link				NeoTropTree											
					SE	CW	NE	E						Am	Ca	Ce	At	Pa	Pant	Chac.	Ande.	Paci.	Meso.						
<b>Annona sylvatica A.St.-Hil.</b>	<b>Annonaceae</b>	-	-	-	15	-	-	3	1		GFSE	0,580	0,004	1	10	25	208	8	2										
Annona vepretorum Mart.	Annonaceae	-	-	-	-	-	-	57	-		GFE	0,182	0,219	1	86	3	5	-	-										
<b>Bocageopsis mattogrossensis (R.E.Fr.) R.E.Fr.</b>	<b>Annonaceae</b>	-	36	4	-	5	1	-	2		GFN	0,569	0,002	8	-	14	-	-	4										
Bocageopsis multiflora (Mart.) R.E.Fr.	Annonaceae	-	-	1	-	-	-	-	-		-	-	-	405	-	2	-	-	-										
Cardiopetalum calophyllum Schldl.	Annonaceae	-	-	3	-	8	-	-	4		GFNW	0,085	0,707	35	2	136	7	-	1										
<b>Duguetia lanceolata A.St.-Hil.</b>	<b>Annonaceae</b>	-	-	3	30	-	-	1	-		GFSE	0,370	0,022	1	-	88	109	-	-										
<b>Duguetia marcgraviana Mart.</b>	<b>Annonaceae</b>	-	-	5	-	103	11	-	2		GFCW	0,362	0,029	32	2	55	1	-	1										
Duguetia megalocarpa Maas	Annonaceae	-	1	1	-	-	4	-	-		GFNE	0,174	0,202	39	-	-	-	-	-										
Duguetia sp.1	Annonaceae	-	14	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-										
Duguetia sp.2	Annonaceae	-	-	2	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-										
Duguetia sp.3	Annonaceae	-	-	-	-	2	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-										
Ephedranthus parviflorus S.Moore	Annonaceae	-	-	16	-	1	-	-	-		GFNW	0,198	0,186	11	6	25	-	-	1										
<b>Ephedranthus pisocarpus R.E.Fr.</b>	<b>Annonaceae</b>	-	79	-	-	72	98	-	17		GFNE	0,585	0,003	3	14	7	-	-	-										
<b>Guatteria australis A.St.-Hil.</b>	<b>Annonaceae</b>	-	-	2	28	21	-	-	-		GFSE	0,756	0,001	-	3	68	549	1	-										
Guatteria caniflora Mart.	Annonaceae	-	-	-	-	2	-	-	-		-	-	-	1	-	-	-	-	-										
<b>Guatteria citriflora Ducke</b>	<b>Annonaceae</b>	-	1	16	-	-	-	-	2		GFNW	0,368	0,013	120	-	-	2	-	-										
Guatteria oligocarpa Mart.	Annonaceae	-	-	10	-	-	-	-	-		-	-	-	4	9	3	211	-	-										
Guatteria poeppigiana Mart.	Annonaceae	-	-	-	-	2	-	-	-		GFCW	0,111	0,499	58	-	1	-	-	-										
Guatteria sellowiana Schldl.	Annonaceae	-	1	1	-	3	-	-	1		GFNW	0,063	0,898	6	25	70	104	-	-										
Guatteria sp.1	Annonaceae	-	-	2	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-										
Oxandra reticulata Maas	Annonaceae	-	-	-	-	5	-	1	18		GFCW	0,076	0,771	18	41	34	8	-	-										
Oxandra sessiliflora R.E.Fr.	Annonaceae	-	2	-	-	133	16	-	42		GFCW	0,322	0,07	-	8	8	-	-	-										
Porcelia sp.1	Annonaceae	-	-	-	-	-	-	-	2		-	-	-	-	-	-	-	-	-										
Trigynaea oblongifolia Schldl.	Annonaceae	-	-	-	-	-	-	-	60		GFC	0,094	0,567	1	1	-	10	-	-										
Unonopsis guatterioides (A.DC.) R.E.Fr.	Annonaceae	-	-	61	-	23	-	-	10		GFNW	0,327	0,051	133	-	55	25	-	6										
Xylopia aromatica (Lam.) Mart.	Annonaceae	-	2	4	-	48	-	-	16		GFCW	0,266	0,114	148	3	631	149	-	13										
<b>Xylopia brasiliensis Spreng.</b>	<b>Annonaceae</b>	-	-	-	82	-	-	-	-		GFSE	0,600	0,003	-	1	26	112	-	-										
Xylopia emarginata Mart.	Annonaceae	-	-	1	-	-	-	-	-		-	-	-	27	1	97	22	-	-										
Xylopia frutescens Aubl.	Annonaceae	-	-	-	-	4	-	-	-		GFCW	0,167	0,206	46	15	22	117	-	-										
Xylopia nitida Dunal	Annonaceae	-	-	4	-	1	-	-	-		GFNW	0,192	0,176	97	1	4	-	-	-										
Xylopia sericea A.St.-Hil.	Annonaceae	-	7	2	95	13	-	3	-		GFSE	0,179	0,258	27	15	81	103	-	-										
Aspidosperma album (Vahl) Benoist ex Pichon	Apocynaceae	-	-	1	-	-	-	-	-		-	-	-	39	-	5	-	-	-										
Aspidosperma australe Müll.Arg.	Apocynaceae	-	-	-	36	-	-	-	-		-	-	-	1	-	24	85	7	4										
<b>Aspidosperma carapanauba Pichon</b>	<b>Apocynaceae</b>	-	-	9	-	-	-	-	-		GFNW	0,400	0,011	36	-	-	-	-	-										
Aspidosperma cuspa (Kunth) Blake	Apocynaceae	-	-	-	-	-	8	18	169		GFC	0,187	0,273	2	67	59	8	-	4										
<b>Aspidosperma cylindrocarpon Müll.Arg.</b>	<b>Apocynaceae</b>	30	-	-	4	19	-	52	18		GFS	0,578	0,009	20	-	192	214	-	13										
<b>Aspidosperma discolor A.DC.</b>	<b>Apocynaceae</b>	-	5	3	-	5	68	-	6		GFNE	0,678	0,002	14	44	52	34	-	-										
Aspidosperma macrocarpon Mart.	Apocynaceae	-	-	-	-	1	-	-	-		-	-	-	41	13	202	3	-	1										
Aspidosperma multiflorum A.DC.	Apocynaceae	-	47	-	-	1	53	117	-		GFNE	0,303	0,062	34	38	37	4	-	-										
Aspidosperma nobile Müll.Arg.	Apocynaceae	-	-	-	-	2	-	-	-		GFCW	0,111	0,509	5	1	50	1	-	1										
Aspidosperma discolor A.DC.	Apocynaceae	-	-	-	-	-	2	-	-		-	-	-	4	-	-	-	-	-										
Aspidosperma olivaceum Müll.Arg.	Apocynaceae	-	-	-	46	-	-	-	2		GFSE	0,199	0,133	-	-	16	125	-	-										
Aspidosperma parvifolium A.DC.	Apocynaceae	-	-	-	1	1	-	63	9		GFE	0,121	0,477	18	31	48	127	1	8										
<b>Aspidosperma polyneuron Müll.Arg.</b>	<b>Apocynaceae</b>	32	-	-	-	-	-	98	-		GFS	0,618	0,002	3	19	36	199	-	1										
<b>Aspidosperma pyriforme Mart.</b>	<b>Apocynaceae</b>	-	-	-	-	-	-	190	410		GFC	0,528	0,003	2	484	83	28	-	8										
Aspidosperma ramiflorum Müll.Arg.	Apocynaceae	1	-	-	1	-	-	-	-		GFS	0,204	0,116	-	1	12	65	-	-										
Aspidosperma sp.1	Apocynaceae	-	-	-	-	1	-	-	87		-	-	-	-	-	-	-	-	-										
Aspidosperma sp.4	Apocynaceae	-	-	-	-	-	-	-	20		-	-	-	-	-	-	-	-	-										
Aspidosperma sp.5	Apocynaceae	-	-	-	-	-	-	-	3		-	-	-	-	-	-	-	-	-										
Aspidosperma sp.6	Apocynaceae	-	-	-	3	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-										
Aspidosperma sp.3	Apocynaceae	-	-	9	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-										
Aspidosperma sp.2	Apocynaceae	-	-	2	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-										
Aspidosperma spruceanum Benth. ex Müll.Arg.	Apocynaceae	-	7	3	5	5	-	-	4		GFN	0,147	0,358	49	13	28	38	-	-										
<b>Aspidosperma subincanum Mart.</b>	<b>Apocynaceae</b>	-	1	1	-	232	102	-	677		GFNE	0,514	0,001	22	28	167	23	-	12										
Aspidosperma tomentosum Mart.	Apocynaceae	-	-	1	-	3	-	3	-		GFNW	0,081	0,698	8	25	314	61	-	8										
Geissospermum laeve (Vell.) Miers	Apocynaceae	-	-	-	-	-	-	-	1		-	-	-	4	-	-	36	-	-										
<b>Himatanthus articulatus (Vahl) Woodson</b>	<b>Apocynaceae</b>	-	4	6	-	72	-	-	2		GFCW	0,369	0,042	210	22	50	13	-	-										











Espécie	Família botânica	S	N	NW	GF					maxcls	ISA			Species-Link					NeoTropTree																		
					SE	CW	NE	E	C		indval	pval	Am	Ca	Ce	At	Pa	Pant	Chac.	Ande.	Paci.	Meso.															
Andira surinamensis (Bondt) Splitg. ex Amshoff	Fabaceae	-	-	-	-	2	-	-	-	-	GFCW	0,111	0,493	54	14	5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Andira vermifuga (Mart.) Benth.	Fabaceae	-	-	-	-	4	-	-	-	22	GFCW	0,04	0,905	8	22	173	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
<b>Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F.Macbr.</b>	<b>Fabaceae</b>	-	-	<b>3</b>	-	<b>13</b>	<b>112</b>	-	-	<b>138</b>	<b>GFCW</b>	<b>0,376</b>	<b>0,031</b>	<b>77</b>	<b>67</b>	<b>130</b>	<b>216</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+ +	
Bauhinia acuruna Moric.	Fabaceae	3	-	-	-	-	-	-	7	16	GFS	0,270	0,076	2	160	99	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Bauhinia bombaciflora Ducke	Fabaceae	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	11	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Bauhinia brevipes Vogel	Fabaceae	-	-	-	-	-	-	-	2	6	GFC	0,027	1,00	16	23	205	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bauhinia cupulata Benth.	Fabaceae	-	5	-	-	34	-	-	-	22	GFN	0,156	0,285	21	2	130	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bauhinia forficata Link	Fabaceae	106	-	-	-	3	-	-	13	1	GFS	0,326	0,106	19	46	86	578	10	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Bauhinia longifolia (Bong.) Steud.</b>	<b>Fabaceae</b>	-	-	-	-	<b>44</b>	<b>4</b>	-	-	<b>19</b>	<b>GFSE</b>	<b>0,363</b>	<b>0,019</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>191</b>	<b>239</b>	-	<b>3</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+ +	
Bauhinia membranacea Benth.	Fabaceae	-	-	-	-	-	-	-	3	3	GFE	0,068	0,634	-	-	25	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bauhinia mollis (Bong.) D.Dietr.	Fabaceae	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	4	1	79	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bauhinia platypetala Burch. ex Benth.	Fabaceae	-	-	-	-	15	-	-	-	18	GFCW	0,086	0,753	31	3	89	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bauhinia pulchella Benth.	Fabaceae	-	-	-	-	-	-	5	-	82	GFNE	0,133	0,375	48	165	147	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bauhinia rufa (Bong.) Steud.	Fabaceae	-	-	-	-	-	-	-	-	105	GFC	0,156	0,241	39	11	419	119	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bauhinia sp.1	Fabaceae	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bauhinia sp.2	Fabaceae	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bauhinia sp.3	Fabaceae	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bauhinia sp.4	Fabaceae	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bauhinia sp.5	Fabaceae	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bauhinia sp.7	Fabaceae	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bauhinia sp.8	Fabaceae	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bauhinia unguolata L.	Fabaceae	-	-	1	-	1	9	-	-	72	GFNE	0,295	0,073	104	85	328	49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Blanchetiodendron blanchetii (Benth.) Barneby & J.W.Grimes	Fabaceae	-	-	-	-	-	-	-	30	-	-	-	-	-	60	3	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Bowdichia nitida Spruce ex Benth.</b>	<b>Fabaceae</b>	-	-	<b>6</b>	-	-	-	-	-	-	<b>GFNW</b>	<b>0,400</b>	<b>0,014</b>	<b>140</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bowdichia virgilioides Kunth	Fabaceae	-	-	1	-	4	-	-	-	1	GFCW	0,128	0,350	47	195	364	277	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Calliandra foliolosa Benth.	Fabaceae	-	-	-	-	-	-	-	284	-	GFE	0,182	0,202	-	1	31	110	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Cassia ferruginea (Schrad.) Schrad. ex DC.</b>	<b>Fabaceae</b>	-	-	-	-	<b>6</b>	<b>3</b>	-	<b>1</b>	-	<b>GFSE</b>	<b>0,324</b>	<b>0,029</b>	<b>9</b>	<b>47</b>	<b>77</b>	<b>198</b>	<b>1</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cassia grandis L.f.	Fabaceae	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23	23	39	92	1	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Cassia leiandra Benth.</b>	<b>Fabaceae</b>	-	-	<b>2</b>	-	-	-	-	-	-	<b>GFNW</b>	<b>0,400</b>	<b>0,004</b>	<b>140</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cassia sp.1	Fabaceae	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Cenostigma macrophyllum Tul.	Fabaceae	-	86	-	-	20	10	15	-	-	GFN	0,130	0,431	27	62	182	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Centrolobium microchaete (Mart. ex Benth.) H.C.Lima	Fabaceae	-	-	-	-	-	-	10	-	-	GFE	0,091	0,421	-	14	-	120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Centrolobium sclerophyllum H.C.Lima</b>	<b>Fabaceae</b>	-	-	-	-	-	-	<b>5</b>	-	-	<b>GFE</b>	<b>0,273</b>	<b>0,046</b>	-	<b>29</b>	<b>10</b>	<b>40</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Centrolobium tomentosum Guillem. ex Benth.</b>	<b>Fabaceae</b>	<b>11</b>	-	-	-	-	-	<b>6</b>	<b>66</b>	-	<b>GFS</b>	<b>0,500</b>	<b>0,010</b>	-	<b>2</b>	<b>45</b>	<b>150</b>	<b>1</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Chloroleucon dumosum (Benth.) G.P.Lewis	Fabaceae	-	-	-	-	-	-	2	166	-	GFE	0,191	0,164	-	139	14	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Chloroleucon foliolosum (Benth.) G.P.Lewis</b>	<b>Fabaceae</b>	-	-	-	-	-	-	-	<b>114</b>	<b>4</b>	<b>GFE</b>	<b>0,593</b>	<b>0,002</b>	<b>7</b>	<b>303</b>	<b>23</b>	<b>53</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Chloroleucon tenuiflorum (Benth.) Barneby & J.W.Grimes	Fabaceae	-	-	-	-	-	-	-	-	20	GFC	0,156	0,245	2	17	42	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Chloroleucon tortum (Mart.) Pittier</b>	<b>Fabaceae</b>	-	-	-	-	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>176</b>	<b>1</b>	-	<b>GFE</b>	<b>0,402</b>	<b>0,027</b>	-	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>40</b>	-	<b>2</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Copaifera coriacea Mart.</b>	<b>Fabaceae</b>	-	<b>143</b>	-	-	-	-	<b>111</b>	<b>2</b>	-	<b>GFNE</b>	<b>0,509</b>	<b>0,005</b>	<b>5</b>	<b>61</b>	<b>26</b>	<b>4</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Copaifera duckei Dwyer	Fabaceae	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	29	33	6	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Copaifera langsdorffii Desf.</b>	<b>Fabaceae</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	-	<b>609</b>	<b>120</b>	-	-	<b>93</b>	<b>GFSE</b>	<b>0,722</b>	<b>0,004</b>	<b>27</b>	<b>158</b>	<b>527</b>	<b>370</b>	-	<b>6</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Copaifera sp.1	Fabaceae	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Copaifera trapezifolia Hayne	Fabaceae	-	-	-	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	6	7	105	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Dalbergia cearensis Ducke	Fabaceae	-	-	-	-	-	-	-	226	-	GFE	0,182	0,218	-	142	8	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Dalbergia foliolosa Benth.	Fabaceae	-	-	-	-	1	-	-	1	-	GFSE	0,191	0,164	-	-																						



Espécie	Família botânica	S	N	NW	GF					C	maxcls	ISA	indval	pval	Species-Link				NeoTropTree						
					SE	CW	NE	E							Am	Ca	Ce	At	Pa	Pant	Chac.	Ande.	Paci.	Meso.	
Libidibia ferrea (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz	Fabaceae	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	22	428	24	83	-	2						
<b>Dahlstedtia araripensis (Benth.) M.J. Silva &amp; A.M.G. Azevedo</b>	<b>Fabaceae</b>	-	-	-	-	-	<b>23</b>	<b>36</b>	-	-	<b>GFNE</b>	<b>0,375</b>	<b>0,009</b>	-	<b>157</b>	<b>13</b>	<b>2</b>	-	<b>1</b>						
Muelleria campestris (Mart. ex Benth.) M.J. Silva & A.M.G.	Fabaceae	-	-	-	4	-	7	-	-	-	GFSE	0,176	0,211	1	31	28	364	24	3			+			
<b>Lonchocarpus cultratus (Vell.) A.M.G. Azevedo &amp; H.C. Lima</b>	<b>Fabaceae</b>	<b>10</b>	-	-	<b>4</b>	-	-	-	<b>13</b>	-	<b>GFS</b>	<b>0,539</b>	<b>0,007</b>	<b>2</b>	<b>28</b>	<b>112</b>	<b>555</b>	-	-			+			
Muelleria montana (M.J. Silva & AMG. Azevedo) M.J. Silva &	Fabaceae	-	-	-	-	-	-	124	28	-	GFE	0,216	0,121	-	8	27	1	-	-						
Dahlstedtia muehlbergiana (Hassl.) M.J. Silva & A.M.G. Azevedo	Fabaceae	11	-	-	2	-	-	-	16	-	GFS	0,276	0,052	-	-	24	213	1	-						
Lonchocarpus praecox Mart. ex Benth.	Fabaceae	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	9	3	-	-	-						
Lonchocarpus sericeus (Poir.) Kunth ex DC.	Fabaceae	-	-	-	-	18	-	1	65	-	GFC	0,130	0,438	24	323	110	72	-	21			+	+	+	
Luetzelburgia andrade-limae H.C. Lima	Fabaceae	-	-	-	-	-	-	9	3	-	-	-	-	-	65	13	4	-	-						
Luetzelburgia praecox (Harms) Harms	Fabaceae	-	-	-	-	6	-	-	74	-	GFC	0,126	0,438	1	1	24	-	-	-						
<b>Machaerium acutifolium Vogel</b>	<b>Fabaceae</b>	-	<b>3</b>	-	-	<b>37</b>	<b>34</b>	<b>1603</b>	<b>115</b>	-	<b>GFE</b>	<b>0,528</b>	<b>0,013</b>	<b>24</b>	<b>119</b>	<b>393</b>	<b>83</b>	-	<b>5</b>			+			
Machaerium biovulatum Micheli	Fabaceae	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	12	-	-	-	-	-			+	+	+	
Machaerium brasiliense Vogel	Fabaceae	-	-	-	6	15	-	22	279	-	GFC	0,283	0,134	12	29	106	177	-	1						
Machaerium floridum (Mart. ex Benth.) Ducke	Fabaceae	-	-	-	-	-	-	22	-	-	GFE	0,091	0,412	1	11	2	13	-	-						
Machaerium fulvovenosum H.C. Lima	Fabaceae	-	-	-	-	-	-	32	-	-	-	-	-	-	2	8	65	-	-						
Machaerium hirtum (Vell.) Stellfeld	Fabaceae	15	-	-	33	20	-	-	89	-	-	-	-	10	76	150	305	-	23			+	+	+	
<b>Machaerium nyctitans (Vell.) Benth.</b>	<b>Fabaceae</b>	<b>2</b>	-	-	<b>49</b>	-	-	<b>3</b>	-	-	<b>GFSE</b>	<b>0,710</b>	<b>0,001</b>	-	<b>14</b>	<b>38</b>	<b>241</b>	-	-			+			
Machaerium punctatum (Poir.) Pers.	Fabaceae	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2	65	21	30	-	-			+			
Machaerium scleroxylon Tul.	Fabaceae	4	-	-	-	4	-	7	224	-	GFC	0,292	0,095	3	8	49	63	-	1			+			
Machaerium sp.1	Fabaceae	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
Machaerium sp.2	Fabaceae	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
Machaerium sp.3	Fabaceae	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
<b>Machaerium stipitatum Vogel</b>	<b>Fabaceae</b>	<b>17</b>	-	-	<b>26</b>	-	-	-	<b>154</b>	-	<b>GFS</b>	<b>0,484</b>	<b>0,017</b>	-	<b>8</b>	<b>92</b>	<b>286</b>	<b>11</b>	-			+			
<b>Machaerium brasiliense Vogel</b>	<b>Fabaceae</b>	<b>9</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>GFS</b>	<b>0,667</b>	<b>0,003</b>	<b>2</b>	<b>13</b>	<b>43</b>	<b>114</b>	-	-						
<b>Machaerium villosum Vogel</b>	<b>Fabaceae</b>	-	-	-	<b>126</b>	<b>1</b>	-	<b>74</b>	<b>58</b>	-	<b>GFSE</b>	<b>0,709</b>	<b>0,001</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>122</b>	<b>135</b>	-	<b>15</b>			+			
<b>Martiodendron mediterraneum (Mart. ex Benth.)</b>	<b>Fabaceae</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	-	-	<b>2</b>	<b>29</b>	-	<b>5</b>	-	<b>GFNE</b>	<b>0,697</b>	<b>0,001</b>	<b>3</b>	<b>31</b>	<b>49</b>	<b>13</b>	-	-			+			
Melanoxylon brauna Schott	Fabaceae	-	-	-	2	-	-	1	-	-	GFSE	0,197	0,178	-	26	11	313	-	-						
Mimosa arenosa (Willd.) Poir.	Fabaceae	-	-	-	-	-	-	16	-	-	-	-	-	-	287	28	66	-	-						
Mimosa caesalpiniiifolia Benth.	Fabaceae	-	-	-	-	-	31	-	-	-	-	-	-	16	118	38	86	-	-				+		
Mimosa sp.1	Fabaceae	-	-	-	-	-	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
Mimosa sp.2	Fabaceae	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
Mimosa sp.3	Fabaceae	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
<b>Mimosa tenuiflora (Willd.) Poir.</b>	<b>Fabaceae</b>	-	-	-	-	-	-	<b>909</b>	-	-	<b>GFE</b>	<b>0,636</b>	<b>0,003</b>	-	<b>873</b>	<b>46</b>	<b>127</b>	-	-			+	+	+	
Myrocarpus frondosus Allemão	Fabaceae	-	-	-	-	-	-	-	26	-	-	-	-	10	3	6	386	26	-			+			
<b>Myroxylon peruiferum L.f.</b>	<b>Fabaceae</b>	<b>3</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>GFS</b>	<b>0,667</b>	<b>0,004</b>	<b>1</b>	<b>26</b>	<b>91</b>	<b>239</b>	-	<b>1</b>			+	+		
Ormosia arborea (Vell.) Harms	Fabaceae	-	-	-	6	5	-	-	-	-	GFSE	0,140	0,375	7	3	60	140	-	-						
Ormosia sp.1	Fabaceae	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
Ormosia stipularis Ducke	Fabaceae	-	1	-	-	2	-	-	-	-	GFN	0,114	0,472	21	5	10	8	-	-						
<b>Parapiptadenia rigida (Benth.) Brenan</b>	<b>Fabaceae</b>	<b>11</b>	-	-	-	-	-	-	<b>2</b>	-	<b>GFS</b>	<b>0,662</b>	<b>0,001</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>81</b>	<b>760</b>	<b>54</b>	<b>10</b>						
Parkia multijuga Benth.	Fabaceae	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	150	-	6	-	-	-						
<b>Parkia platycephala Benth.</b>	<b>Fabaceae</b>	-	<b>14</b>	-	-	-	<b>7</b>	-	<b>2</b>	-	<b>GFN</b>	<b>0,490</b>	<b>0,003</b>	<b>11</b>	<b>55</b>	<b>82</b>	<b>1</b>	-	-						
Parkia sp.1	Fabaceae	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
Peltogyne confertiflora (Mart. ex Hayne) Benth.	Fabaceae	-	-	-	-	7	-	-	-	-	GFCW	0,111	0,386	6	30	120	20	-	3						
<b>Peltogyne pauciflora Benth.</b>	<b>Fabaceae</b>	-	<b>3</b>	-	-	-	<b>24</b>	-	-	-	<b>GFNE</b>	<b>0,687</b>	<b>0,001</b>	<b>4</b>	<b>176</b>	<b>11</b>	<b>21</b>	-	-						
<b>Peltophorum dubium (Spreng.) Taub.</b>	<b>Fabaceae</b>	-	-	-	-	-	-	<b>38</b>	<b>10</b>	-	<b>GFE</b>	<b>0,330</b>	<b>0,031</b>	-	<b>98</b>	<b>129</b>	<b>261</b>	<b>7</b>	<b>23</b>			+	+	+	+
Piptadenia gonoacantha (Mart.) J.F. Macbr.	Fabaceae	5	-	-	49	1	-	8	242	-	GFSE	0,243	0,166	5	8	110	319	-	3						
<b>Piptadenia viridiflora (Kunth) Benth.</b>	<b>Fabaceae</b>	-	-	-	-	-	-	<b>545</b>	<b>4</b>	-	<b>GFE</b>	<b>0,801</b>	<b>0,001</b>	<b>2</b>	<b>301</b>	<b>73</b>	<b>26</b>	-	<b>52</b>			+	+		
Pithecellobium sp.1	Fabaceae	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
<b>Pityrocarpa moniliformis (Benth.) Luckow &amp; R.W. Jobson</b>	<b>Fabaceae</b>	-	<b>16</b>	-	-	-	<b>61</b>	<b>404</b>	<b>30</b>	-	<b>GFNE</b>	<b>0,351</b>	<b>0,028</b>	-	<b>354</b>	<b>75</b>	<b>40</b>	-	-						
<b>Plathymenia reticulata Benth.</b>	<b>Fabaceae</b>	-	-	-	-	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>275</b>	<b>1</b>	-	<b>GFE</b>	<b>0,334</b>	<b>0,049</b>	<b>35</b>	<b>127</b>	<b>431</b>	<b>77</b>	-	<b>25</b>			+			
<b>Platygyne regnellii Benth.</b>	<b>Fabaceae</b>	-	-	-	<b>37</b>	-	-	<b>1</b>	<b>13</b>	-	<b>GFSE</b>	<b>0,379</b>	<b>0,017</b>	-	-	<b>46</b>	<b>109</b>	-	-						
<b>Platymiscium floribundum Vogel</b>	<b>Fabaceae</b>	-	-	-	-	<b>8</b>	-	<b>301</b>	<b>81</b>	-	<b>GFE</b>	<b>0,409</b>	<b>0,048</b>	<b>5</b>	<b>118</b>	<b>66</b>	<b>170</b>	-	<b>2</b>						
Platymiscium pubescens Micheli	Fabaceae	-	-	-	-	-	-	287	-	-	GFE	0,273	0,076	3	16	38	51	-	1			+			
Platymiscium sp.1	Fabaceae	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
Platymiscium trinitatis Benth.	Fabaceae	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	35	-	3	2	-	-				+		
<b>Platypodium elegans Vogel</b>	<b>Fabaceae</b>	-	-	<b>1</b>	<b>80</b>	<b>59</b>	<b>5</b>	<b>31</b>	<b>187</b>	-	<b>GFSE</b>	<b>0,426</b>	<b>0,019</b>	<b>26</b>	<b>83</b>	<b>445</b>	<b>211</b>	-	<b>17</b>			+	+	+	
Poecilanthus falcata (Vell.) Heringer	Fabaceae	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	22	1	57	-	-						



Especie	Familia botánica	S	N	NW	GF					maxcls	ISA indval	pval	Am	Ca	Species-Link			Pa	Pant	NeoTropTree		
					SE	CW	NE	E	C						Ce	At	Chac.			Ande.	Paci.	Meso.
<b>Sacoglottis guianensis Benth.</b>	<b>Humiriaceae</b>	-	92	16	-	107	-	-	-	GFN	0,428	0,014	95	3	29	10	-	-	-	-	-	-
Vantanea guianensis Aubl.	Humiriaceae	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	68	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Vantanea parviflora Lam.</b>	<b>Humiriaceae</b>	-	42	-	-	-	-	-	3	GFN	0,497	0,005	145	5	1	9	-	-	-	-	-	-
<b>Vismia brasiliensis Choisy</b>	<b>Hypericaceae</b>	-	-	4	22	-	-	-	-	GFSE	0,347	0,015	-	-	10	85	-	-	-	-	-	-
Vismia cayennensis (Jacq.) Pers.	Hypericaceae	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	353	3	1	6	-	-	-	-	-	-
Vismia guianensis (Aubl.) Choisy	Hypericaceae	-	-	91	-	16	-	-	-	GFNW	0,179	0,171	144	168	35	232	-	-	-	-	-	+
Vismia martiana Mart.	Hypericaceae	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	5	1	3	96	-	-	-	-	-	-
Emmotum fagifolium Desv. ex Ham.	Icacinaeae	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36	1	1	17	-	-	-	-	-	-
<b>Emmotum nitens (Benth.) Miers</b>	<b>Icacinaeae</b>	-	16	-	-	45	-	-	15	GFN	0,479	0,004	103	155	434	42	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 1	Indeterminada	-	-	1	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 10	Indeterminada	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 11	Indeterminada	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 12	Indeterminada	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 13	Indeterminada	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 14	Indeterminada	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 15	Indeterminada	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 16	Indeterminada	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 17	Indeterminada	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 18	Indeterminada	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 19	Indeterminada	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 2	Indeterminada	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 20	Indeterminada	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 21	Indeterminada	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 22	Indeterminada	-	-	-	-	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 23	Indeterminada	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 24	Indeterminada	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 25	Indeterminada	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 26	Indeterminada	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 27	Indeterminada	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 28	Indeterminada	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 29	Indeterminada	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 3	Indeterminada	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 30	Indeterminada	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 31	Indeterminada	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 32	Indeterminada	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 33	Indeterminada	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 34	Indeterminada	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 35	Indeterminada	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 36	Indeterminada	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 37	Indeterminada	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 38	Indeterminada	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 39	Indeterminada	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 4	Indeterminada	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 40	Indeterminada	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 41	Indeterminada	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 42	Indeterminada	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 43	Indeterminada	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 44	Indeterminada	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 45	Indeterminada	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 46	Indeterminada	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 47	Indeterminada	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 48	Indeterminada	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 49	Indeterminada	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 5	Indeterminada	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 50	Indeterminada	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 51	Indeterminada	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 52	Indeterminada	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-





Espécie	Família botânica	S	N	NW	GF					maxcls	ISA	pval	Am	Ca	Species-Link			NeoTropTree				
					SE	CW	NE	E	C						Ce	At	Pa	Pant	Chac.	Ande.	Paci.	Meso.
Byrsonima intermedia A.Juss.	Malpighiaceae	-	-	-	-	1	-	2	-	GFCW	0,042	0,873	6	3	432	199	-	12				
<b>Byrsonima laxiflora Griseb.</b>	<b>Malpighiaceae</b>	-	-	-	<b>15</b>	-	-	-	<b>4</b>	<b>GFSE</b>	<b>0,390</b>	<b>0,017</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>190</b>	<b>36</b>	-	<b>7</b>				
Byrsonima pachyphylla A.Juss.	Malpighiaceae	-	-	-	-	-	-	-	20	GFC	0,094	0,472	8	3	306	31	-	1				
Byrsonima poeppigiana A.Juss.	Malpighiaceae	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	24	-	11	-	-	-				
Byrsonima sericea DC.	Malpighiaceae	-	1	1	-	17	-	-	1	GFCW	0,320	0,052	11	362	144	463	-	-			+	
Byrsonima sp.1	Malpighiaceae	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Byrsonima sp.2	Malpighiaceae	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Byrsonima sp.3	Malpighiaceae	-	-	-	-	-	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Byrsonima sp.4	Malpighiaceae	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Byrsonima sp.5	Malpighiaceae	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Byrsonima spicata (Cav.) DC.	Malpighiaceae	-	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	165	3	25	6	-	-			+	+
Byrsonima vacciniifolia A.Juss.	Malpighiaceae	-	-	-	-	-	-	-	102	-	-	-	2	115	70	19	-	-				
<b>Heteropterys byrsonimifolia A.Juss.</b>	<b>Malpighiaceae</b>	-	-	-	<b>8</b>	<b>1</b>	-	-	-	<b>GFSE</b>	<b>0,386</b>	<b>0,014</b>	<b>1</b>	<b>45</b>	<b>203</b>	<b>44</b>	-	<b>3</b>				
Ptilochaeta bahiensis Turcz.	Malpighiaceae	-	-	-	-	-	-	58	55	GFC	0,148	0,362	1	87	12	15	-	-				
Ptilochaeta glabra Nied.	Malpighiaceae	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	2	21	8	9	-	2				
<b>Apeiba echinata Gaertn.</b>	<b>Malvaceae</b>	-	-	<b>3</b>	-	-	-	-	-	<b>GFNW</b>	<b>0,400</b>	<b>0,012</b>	<b>130</b>	-	-	-	-	-				
Apeiba tibourbou Aubl.	Malvaceae	-	-	1	-	32	2	-	85	GFCW	0,306	0,068	151	27	172	77	-	10			+	+
Bastardiopsis densiflora (Hook. & Arn.) Hassl.	Malvaceae	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35	223	-	-				
Cavanillesia umbellata Ruiz & Pav.	Malvaceae	-	-	-	-	-	-	38	44	GFE	0,181	0,221	-	6	6	8	-	-			+	
Ceiba sp.1	Malvaceae	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	4	1	-	2			+	
Ceiba pentandra (L.) Gaertn.	Malvaceae	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	49	18	7	24	-	-			+	+
Ceiba pubiflora (A.St.-Hil.) K.Schum.	Malvaceae	-	-	-	-	1	5	25	79	GFC	0,183	0,282	1	47	44	24	-	10				
<b>Ceiba speciosa (A.St.-Hil.) Ravenna</b>	<b>Malvaceae</b>	<b>21</b>	-	-	-	-	-	-	<b>20</b>	<b>GFS</b>	<b>0,967</b>	<b>0,001</b>	<b>15</b>	<b>3</b>	<b>55</b>	<b>147</b>	<b>4</b>	<b>2</b>			+	+
Eriotheca candolleana (K.Schum.) A.Robyns	Malvaceae	-	-	-	1	4	-	1	9	GFC	0,059	0,929	-	1	94	125	-	1				
Eriotheca gracilipes (K.Schum.) A.Robyns	Malvaceae	-	2	2	-	3	-	-	8	GFN	0,075	0,765	10	8	234	26	-	6				
Eriotheca pubescens (Mart. & Zucc.) Schott & Endl.	Malvaceae	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	1	133	2	-	-				
Eriotheca sp.1	Malvaceae	-	1	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Eriotheca sp.2	Malvaceae	-	18	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
<b>Guazuma ulmifolia Lam.</b>	<b>Malvaceae</b>	<b>6</b>	-	-	<b>12</b>	<b>67</b>	<b>4</b>	<b>39</b>	<b>574</b>	<b>GFC</b>	<b>0,539</b>	<b>0,003</b>	<b>94</b>	<b>151</b>	<b>370</b>	<b>324</b>	<b>6</b>	<b>48</b>			+	+
Helicteres lhotzkyana (Schott & Endl.) K.Schum.	Malvaceae	-	-	-	-	-	-	-	3	GFC	0,063	0,745	7	1	61	17	-	18			+	+
Helicteres longepedunculata K.Schum.	Malvaceae	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	2	1	-	-	-				
<b>Helicteres ovata Lam.</b>	<b>Malvaceae</b>	-	-	-	<b>2</b>	-	-	-	-	<b>GFSE</b>	<b>0,400</b>	<b>0,010</b>	<b>1</b>	<b>20</b>	<b>53</b>	<b>152</b>	-	-				
Hibiscus sp.1	Malvaceae	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Luehea candicans Mart. & Zucc.	Malvaceae	-	-	-	1	-	-	11	5	GFSE	0,074	0,754	33	29	129	79	-	6			+	+
Luehea cymulosa Spruce ex Benth.	Malvaceae	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	71	-	1	8	-	-				
Luehea divaricata Mart. & Zucc.	Malvaceae	31	-	-	53	2	-	-	132	GFS	0,198	0,265	4	8	176	410	25	1			+	+
<b>Luehea grandiflora Mart. &amp; Zucc.</b>	<b>Malvaceae</b>	-	-	-	<b>56</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	-	<b>116</b>	<b>GFSE</b>	<b>0,559</b>	<b>0,002</b>	<b>6</b>	<b>25</b>	<b>215</b>	<b>184</b>	-	<b>8</b>			+	+
Luehea paniculata Mart. & Zucc.	Malvaceae	-	-	-	-	20	5	2	40	GFNE	0,114	0,579	10	14	104	55	-	14			+	+
Luehea sp.1	Malvaceae	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Luehea sp.2	Malvaceae	-	-	-	-	-	-	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Luehea sp.3	Malvaceae	-	10	-	-	-	-	-	-	GFE	0,279	0,090	-	-	-	-	-	-				
Malvaceae sp.1	Malvaceae	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
<b>Mollia burchellii Sprague</b>	<b>Malvaceae</b>	-	-	-	<b>1</b>	-	<b>45</b>	-	-	<b>GFCW</b>	<b>0,416</b>	<b>0,025</b>	-	-	-	<b>15</b>	-	-				
Mollia lepidota Spruce ex Benth.	Malvaceae	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	127	2	11	1	-	-			+	
Pachira glabra Pasq.	Malvaceae	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	4	74	-	4				
<b>Pseudobombax grandiflorum (Cav.) A.Robyns</b>	<b>Malvaceae</b>	<b>66</b>	-	-	<b>1</b>	-	-	<b>30</b>	-	<b>GFS</b>	<b>0,656</b>	<b>0,003</b>	-	<b>7</b>	<b>22</b>	<b>183</b>	<b>1</b>	-				
Pseudobombax longiflorum (Mart. & Zucc.) A.Robyns	Malvaceae	-	-	-	-	11	-	7	39	GFC	0,172	0,261	17	16	90	17	-	8			+	
Pseudobombax marginatum (A.St.-Hil.) A. Robyns	Malvaceae	-	-	-	-	-	-	61	-	GFE	0,182	0,162	6	95	69	14	-	6			+	
<b>Pseudobombax tomentosum (Mart. &amp; Zucc.) A.Robyns</b>	<b>Malvaceae</b>	-	-	-	-	<b>44</b>	<b>3</b>	<b>20</b>	<b>443</b>	<b>GFC</b>	<b>0,551</b>	<b>0,003</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>64</b>	<b>11</b>	-	<b>1</b>				
Sterculia apetala (Jacq.) H.Karst.	Malvaceae	-	-	-	-	-	-	-	21	GFC	0,063	0,661	11	1	11	12	-	4			+	+
<b>Sterculia striata A.St.-Hil. &amp; Naudin</b>	<b>Malvaceae</b>	-	-	-	-	<b>11</b>	<b>2</b>	<b>18</b>	<b>166</b>	<b>GFC</b>	<b>0,597</b>	<b>0,001</b>	<b>15</b>	<b>30</b>	<b>124</b>	<b>12</b>	-	<b>11</b>			+	+
Theobroma speciosum Willd. ex Spreng.	Malvaceae	-	-	21	-	1	-	-	-	GFNW	0,198	0,158	180	-	-	7	-	-				
<b>Bellucia grossularioides (L.) Triana</b>	<b>Melastomataceae</b>	-	-	<b>147</b>	-	-	-	-	-	<b>GFNW</b>	<b>0,400</b>	<b>0,007</b>	<b>375</b>	<b>2</b>	<b>19</b>	-	-	-			+	+
Huberia laurina DC.	Melastomataceae	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	5	-	4	3	-	-				
Leandra melastomoides Raddi	Melastomataceae	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	14	60	328	-	-				
Miconia argyrophylla DC.	Melastomataceae	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	185	-	1	3	-	-			+	+
Miconia calvescens DC.	Melastomataceae	-	5	1	-	9	-	-	-	GFN	0,199	0,150	51	18	129	299	-	-			+	+



Espécie	Família botânica	S	N	NW	GF					C	maxcls	ISA	indval	pval	Species-Link				Chac.	NeoTropTree			
					SE	CW	NE	E	SE						Ca	Ce	At	Pa		Pant	Ande.	Paci.	Meso.
Clarisia racemosa Ruiz & Pav.	Moraceae	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	202	3	-	29	-	-	-	+	+	+
Ficus americana Aubl.	Moraceae	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	55	11	20	23	-	-	-	+	+	+
Ficus calyptroceras (Miq.) Miq.	Moraceae	-	-	-	-	2	-	-	-	-	GFCW	0,111	0,515	2	43	55	9	-	21	-	-	-	
Ficus enormis Mart. ex Miq.	Moraceae	-	-	-	1	-	-	-	1	-	GFSE	0,189	0,218	-	18	33	179	6	1	+	-	-	
Ficus gomelleira Kunth	Moraceae	-	-	-	3	-	-	-	-	3	GFSE	0,167	0,191	28	53	33	108	-	6	-	+	-	
Ficus guaranitica Chodat	Moraceae	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3	113	130	1	3	-	-	-	
Ficus insipida Willdenow	Moraceae	1	-	-	-	-	-	-	-	12	GFS	0,213	0,110	30	2	65	125	2	3	-	+	+	+
Ficus maxima Mill.	Moraceae	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	163	-	10	10	-	6	-	+	+	+
Ficus mexiae Standl.	Moraceae	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	17	11	83	-	-	-	-	-	-
Ficus obtusifolia Kunth	Moraceae	-	-	-	-	2	-	-	-	1	GFCW	0,049	0,835	39	6	113	41	-	12	-	+	+	+
Ficus obtusiuscula (Miq.) Miq.	Moraceae	-	1	-	-	3	-	-	-	15	GFN	0,048	0,938	28	21	169	101	-	-	-	-	-	-
Ficus organensis (Miq.) Miq.	Moraceae	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	2	5	120	45	2	-	-	-	-
Ficus pertusa L.f.	Moraceae	-	-	-	-	-	-	-	-	12	GFC	0,063	0,712	59	7	100	56	2	13	-	+	+	+
Ficus goiana C.C.Berg, Carauta & A.F.P.Machado	Moraceae	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	3	15	-	-	-	-	-	-	-
Ficus sp.1	Moraceae	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ficus sp.2	Moraceae	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ficus sp.3	Moraceae	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ficus sp.4	Moraceae	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ficus sp.5	Moraceae	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ficus sp.6	Moraceae	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ficus sp.7	Moraceae	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ficus sp.8	Moraceae	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ficus sp.9	Moraceae	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ficus trigona L.f.	Moraceae	-	-	-	-	-	-	-	1	15	GFC	0,089	0,631	173	1	72	99	-	11	-	+	+	-
Helicostylis pedunculata Benoist	Moraceae	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	4	-	-	-	-	-	-	-
Maclura tinctoria (L.) D.Don ex Steud.	Moraceae	-	-	1	10	6	-	-	71	59	GFC	0,149	0,651	39	46	125	259	2	11	-	+	+	+
Maquira sclerophylla (Ducke) C.C.Berg	Moraceae	-	-	1	-	26	-	-	-	2	GFCW	0,047	0,844	86	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pseudolmedia laevigata Trécul	Moraceae	-	-	2	-	18	-	-	-	-	GFCW	0,226	0,118	58	-	40	2	-	-	-	+	+	+
<b>Pseudolmedia macrophylla Trécul</b>	<b>Moraceae</b>	-	-	<b>20</b>	-	<b>5</b>	-	-	-	<b>2</b>	<b>GFNW</b>	<b>0,374</b>	<b>0,016</b>	<b>83</b>	-	<b>6</b>	<b>11</b>	-	-	-	+	-	-
<b>Sorocea bonplandii (Baill.) W.C.Burger et al.</b>	<b>Moraceae</b>	-	-	-	<b>7</b>	<b>24</b>	-	-	-	-	<b>GFSE</b>	<b>0,428</b>	<b>0,009</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>36</b>	<b>367</b>	<b>22</b>	<b>1</b>	-	-	-	-
Sorocea guilleminiana Gaudich.	Moraceae	-	-	3	-	2	-	-	-	-	GFNW	0,147	0,268	76	6	48	131	-	2	-	+	-	-
Virola bicuhyba (Schott ex Spreng.) Warb.	Myristicaceae	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	6	164	-	-	-	-	-	-
Virola calophylla Warb.	Myristicaceae	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	583	-	1	-	-	-	-	+	+	-
<b>Virola sebifera Aubl.</b>	<b>Myristicaceae</b>	-	<b>2</b>	<b>4</b>	-	<b>103</b>	-	-	-	<b>10</b>	<b>GFCW</b>	<b>0,525</b>	<b>0,009</b>	<b>246</b>	<b>1</b>	<b>363</b>	<b>32</b>	-	-	-	+	+	+
Virola surinamensis (Rol. ex Rottb.) Warb.	Myristicaceae	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	204	12	19	2	-	-	-	+	+	+
<b>Blepharocalyx salicifolius (Kunth) O.Berg</b>	<b>Myrtaceae</b>	-	-	-	<b>7</b>	-	-	-	-	-	<b>GFSE</b>	<b>0,600</b>	<b>0,003</b>	-	<b>99</b>	<b>174</b>	<b>233</b>	<b>40</b>	<b>12</b>	+	+	-	-
<b>Calyptanthus brasiliensis Spreng.</b>	<b>Myrtaceae</b>	-	-	-	<b>2</b>	-	-	-	-	-	<b>GFSE</b>	<b>0,400</b>	<b>0,011</b>	<b>2</b>	<b>84</b>	<b>34</b>	<b>223</b>	-	-	-	-	-	-
Calyptanthus clusiifolia O.Berg	Myrtaceae	-	-	-	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26	71	-	-	-	-	-	-
Calyptanthus paniculata Ruiz & Pav.	Myrtaceae	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26	-	3	-	-	-	-	-	-	-
Calyptanthus sp.1	Myrtaceae	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Calyptanthus sp.2	Myrtaceae	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Calyptanthus widgreniana O.Berg	Myrtaceae	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	44	49	-	-	-	-	-	-
<b>Campomanesia aromatica (Aubl.) Griseb.</b>	<b>Myrtaceae</b>	-	-	-	-	-	-	<b>34</b>	-	-	<b>GFNE</b>	<b>1,000</b>	<b>0,001</b>	<b>9</b>	<b>48</b>	<b>18</b>	<b>43</b>	-	<b>1</b>	-	+	-	-
Campomanesia eugenioides (Cambess.) D.Legrand ex Landrum	Myrtaceae	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	126	65	79	-	11	-	-	-	-
Campomanesia grandiflora (Aubl.) Sagot	Myrtaceae	-	1	-	-	2	-	-	-	-	GFN	0,108	0,555	12	-	6	1	-	-	-	-	-	-
<b>Campomanesia guazumifolia (Cambess.) O.Berg</b>	<b>Myrtaceae</b>	<b>3</b>	-	-	<b>28</b>	-	-	-	<b>1</b>	-	<b>GFSE</b>	<b>0,474</b>	<b>0,006</b>	-	<b>2</b>	<b>47</b>	<b>260</b>	<b>4</b>	-	-	-	-	-
Campomanesia sessiliflora (O.Berg) Mattos	Myrtaceae	-	-	-	-	-	-	-	20	-	GFE	0,182	0,213	-	29	64	21	-	4	-	-	-	-
Campomanesia simulans M.L.Kawas.	Myrtaceae	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2	28	-	-	-	-	-	-
Campomanesia velutina (Cambess.) O.Berg	Myrtaceae	-	-	-	10	23	-	-	1	668	GFC	0,420	0,050	-	11	120	9	-	-	-	-	-	-
<b>Campomanesia xanthocarpa (Mart.) O.Berg</b>	<b>Myrtaceae</b>	<b>4</b>	-	-	<b>9</b>	-	-	-	<b>23</b>	-	<b>GFSE</b>	<b>0,422</b>	<b>0,019</b>	-	<b>7</b>	<b>76</b>	<b>369</b>	<b>17</b>	-	+	-	-	-
Eugenia acutata Miq.	Myrtaceae	-	-	-	<b>49</b>	-	-	-	-	-	<b>GFSE</b>	<b>0,400</b>	<b>0,012</b>	-	-	<b>21</b>	<b>32</b>	-	-	-	-	-	-
Eugenia aurata O.Berg	Myrtaceae	-	15	-	-	44	2	1	6	-	GFCW	0,169	0,373	7	15	224	45	-	10	-	-	-	-
Eugenia bimarginata DC.	Myrtaceae	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	4	13	573	245	-	4	-	-	-	-
Eugenia longipedunculata Nied.	Myrtaceae	1	-	-	1	-	-	-	-	-	GFS	0,209	0,107	-	1	62	263	-	-	-	-	-	-
Eugenia cupulata Amshoff	Myrtaceae	-	1	1	-	8	-	-	3	-	GFN	0,052	0,958	54	-	19	-	-	-	-	-	-	-
<b>Eugenia dodonaefolia Cambess.</b>	<b>Myrtaceae</b>	-	-	-	<b>7</b>	-	-	-	-	-	<b>GFSE</b>	<b>0,400</b>	<b>0,012</b>	<b>1</b>	-	<b>12</b>	<b>71</b>	-	-	-	-	-	-
Eugenia dysenterica (Mart.) DC.	Myrtaceae	-	-	-	-	11	-	-	167	-	GFC	0,219	0,195	4	37	232	10	-	5	-	-	-	-









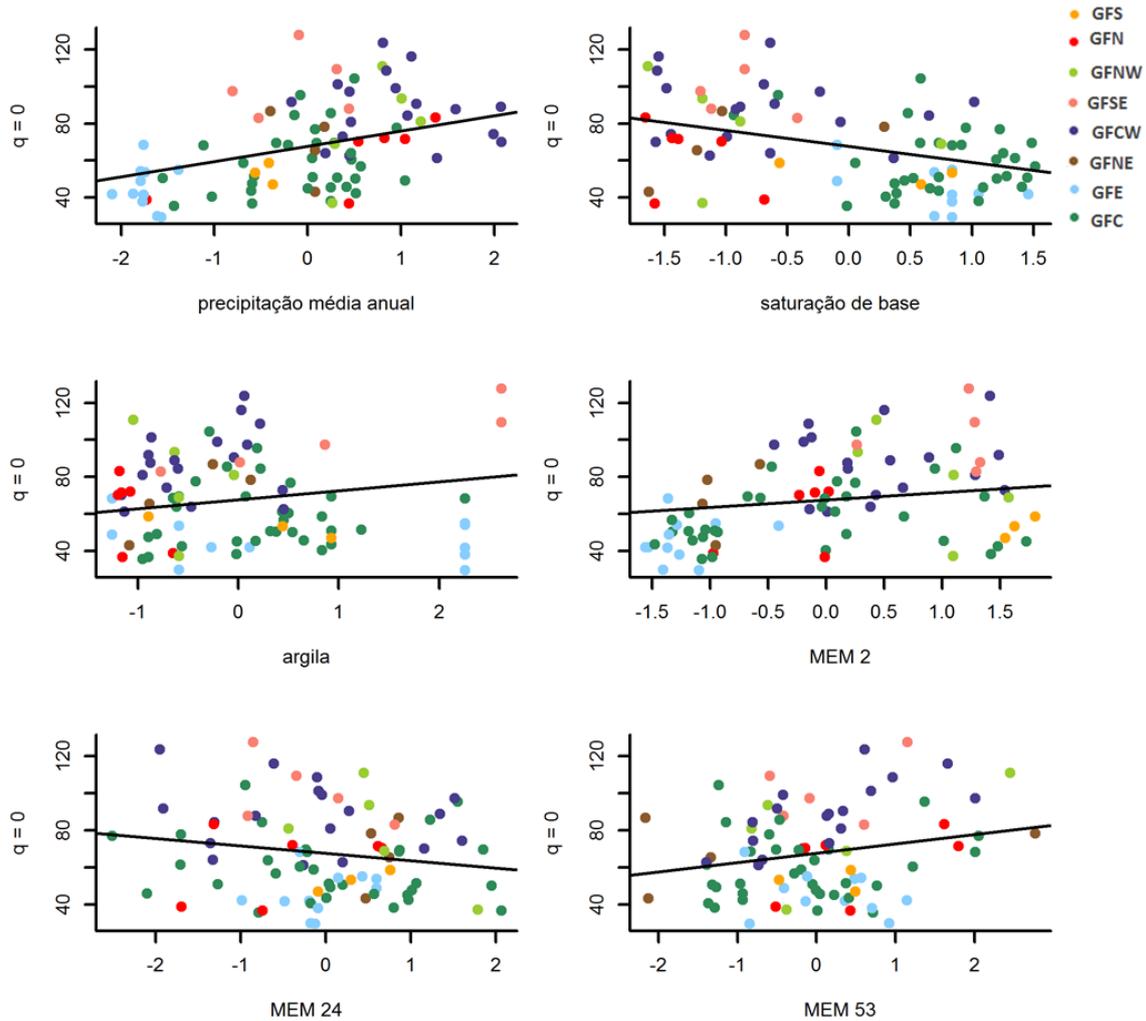
Espécie	Família botânica	S	N	NW	GF					C	maxcls	ISA indval	pval	Species-Link				Chac.	NeoTropTree					
					SE	CW	NE	E						Am	Ca	Ce	At		Pa	Pant	Ande.	Paci.	Meso.	
Ziziphus joazeiro Mart.	Rhamnaceae	-	-	-	-	-	-	8	-	-	GFE	0,182	0,238	-	436	32	81	-	-	-	+	+		
<b>Prunus myrtifolia (L.) Urb.</b>	<b>Rosaceae</b>	-	-	-	25	-	-	-	-	-	<b>GFSE</b>	<b>0,600</b>	<b>0,002</b>	23	23	109	438	9	-	-	+	+	+	
Alibertia edulis (Rich.) A.Rich.	Rubiaceae	-	-	-	-	3	-	-	5	-	GFC	0,036	0,971	140	94	443	32	-	11	-	+	+	+	
Alseis floribunda Schott	Rubiaceae	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	17	105	6	492	1	-	-	-	-	-	
Alseis sp.1	Rubiaceae	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Amaioua guianensis Aubl.	Rubiaceae	-	-	165	29	22	-	-	-	-	GFNW	0,330	0,056	114	40	84	155	-	2	-	+	+		
Amaioua intermedia Mart. ex Schult. & Schult.f.	Rubiaceae	-	-	-	35	-	-	-	-	-	-	-	-	10	12	44	228	-	-	-	+	+		
Bathysa australis (A.St.-Hil.) K.Schum.	Rubiaceae	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	407	-	-	-	+	+		
Bathysa nicholsonii K.Schum.	Rubiaceae	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	3	35	-	-	-	-	-	-	
Calycophyllum sp.1	Rubiaceae	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Chomelia obtusa Cham. & Schtdl.	Rubiaceae	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	15	23	173	150	18	22	-	+	+		
<b>Chomelia pohliana Müll.Arg.</b>	<b>Rubiaceae</b>	<b>3</b>	-	-	-	-	-	-	<b>9</b>	-	<b>GFS</b>	<b>0,303</b>	<b>0,041</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>168</b>	<b>42</b>	-	<b>12</b>	-	-	-	-	
<b>Chomelia sericea Müll.Arg.</b>	<b>Rubiaceae</b>	-	-	-	17	-	-	-	<b>1</b>	-	<b>GFSE</b>	<b>0,397</b>	<b>0,005</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>17</b>	<b>10</b>	-	-	-	-	-	-	
<b>Cordia concolor (Cham.) Kuntze</b>	<b>Rubiaceae</b>	-	-	-	2	-	-	-	-	-	<b>GFSE</b>	<b>0,400</b>	<b>0,013</b>	<b>2</b>	<b>27</b>	<b>98</b>	<b>197</b>	-	-	-	-	-	-	
Cordia hadrantha (Standl.) C.H.Perss. & Delprete	Rubiaceae	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Cordia macrophylla (K.Schum.) Kuntze</b>	<b>Rubiaceae</b>	-	-	-	-	86	-	-	<b>86</b>	-	<b>GFCW</b>	<b>0,383</b>	<b>0,029</b>	<b>7</b>	-	<b>95</b>	<b>7</b>	-	<b>5</b>	-	-	-	-	
Cordia sessilis (Vell.) Kuntze	Rubiaceae	-	3	-	1	8	-	-	9	-	GFN	0,144	0,352	22	22	284	25	-	18	-	-	-	-	
Cordia sp.1	Rubiaceae	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Cordia vinosa (Cham.) Kuntze	Rubiaceae	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Coussarea hydrangeifolia (Benth.) Müll.Arg.</b>	<b>Rubiaceae</b>	-	-	-	-	116	-	-	<b>39</b>	-	<b>GFCW</b>	<b>0,654</b>	<b>0,001</b>	<b>16</b>	<b>9</b>	<b>371</b>	<b>38</b>	-	<b>11</b>	-	+	+		
Coussarea platyphyla Müll.Arg.	Rubiaceae	-	-	-	-	34	-	-	-	-	GFCW	0,222	0,111	23	1	59	19	-	1	-	-	-	-	
Coutarea hexandra (Jacq.) K.Schum.	Rubiaceae	-	-	-	7	24	-	-	31	-	GFSE	0,187	0,200	41	212	119	366	1	17	-	+	+	+	
<b>Duroia macrophylla Huber</b>	<b>Rubiaceae</b>	-	-	-	4	-	-	-	-	-	<b>GFNW</b>	<b>0,400</b>	<b>0,007</b>	<b>109</b>	-	<b>1</b>	-	-	-	-	-	-	-	
Duroia sacchifera (Schult. & Schult.f.) K.Schum.	Rubiaceae	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	118	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Faramea bracteata Benth.	Rubiaceae	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	15	-	25	-	-	-	-	-	-	-	
Faramea crassifolia Benth.	Rubiaceae	-	-	-	-	6	-	-	-	-	GFCW	0,111	0,481	20	1	1	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Faramea hyacinthina Mart.</b>	<b>Rubiaceae</b>	-	-	-	25	-	-	-	-	-	<b>GFSE</b>	<b>0,400</b>	<b>0,012</b>	-	<b>19</b>	<b>12</b>	<b>47</b>	-	-	-	-	-	-	
Faramea nigrescens Mart.	Rubiaceae	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1	59	44	16	4	-	-	-	-	-	
Faramea nitida Benth.	Rubiaceae	-	-	-	-	5	1	-	-	-	GFNE	0,154	0,292	14	53	37	2	-	-	-	-	-	-	
Genipa americana L.	Rubiaceae	-	-	-	-	2	-	-	3	-	GFC	0,035	0,979	124	33	131	123	-	23	-	+	+	+	
Guettarda angelica Mart. ex Müll.Arg.	Rubiaceae	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	5	170	10	35	-	-	-	-	-	-	
Guettarda argentea Lam.	Rubiaceae	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	19	-	14	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Guettarda viburnoides Cham. &amp; Schtdl.</b>	<b>Rubiaceae</b>	-	-	-	10	29	74	-	<b>249</b>	-	<b>GFNE</b>	<b>0,529</b>	<b>0,007</b>	<b>10</b>	<b>60</b>	<b>395</b>	<b>197</b>	<b>3</b>	<b>15</b>	-	+	+		
Isertia hypoleuca Benth.	Rubiaceae	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	281	1	1	1	-	-	-	-	-	-	
<b>Ixora brevifolia Benth.</b>	<b>Rubiaceae</b>	-	-	-	14	5	-	<b>1</b>	-	-	<b>GFSE</b>	<b>0,353</b>	<b>0,020</b>	-	<b>14</b>	<b>76</b>	<b>40</b>	-	-	-	+	+		
Ixora sp.1	Rubiaceae	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Ixora sp.2	Rubiaceae	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Ixora spruceana Müll. Arg.	Rubiaceae	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Ixora venulosa Benth.	Rubiaceae	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	11	115	279	-	-	-	-	-	-	
<b>Ladenbergia cujabensis Klotzsch</b>	<b>Rubiaceae</b>	-	<b>10</b>	-	-	-	-	-	-	-	<b>GFN</b>	<b>0,333</b>	<b>0,009</b>	<b>1</b>	<b>11</b>	<b>15</b>	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Pagamea guianensis Aubl.</b>	<b>Rubiaceae</b>	-	<b>16</b>	-	-	-	-	-	-	-	<b>GFN</b>	<b>0,500</b>	<b>0,006</b>	<b>200</b>	<b>8</b>	<b>21</b>	<b>44</b>	-	-	-	-	-	-	
Palicourea guianensis Aubl.	Rubiaceae	-	-	4	19	-	-	-	-	-	GFSE	0,171	0,220	304	53	25	135	-	-	-	+	+	+	
Palicourea sp.1	Rubiaceae	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Posoqueria trinitatis DC.	Rubiaceae	-	-	-	-	9	-	-	-	-	GFCW	0,167	0,221	1	-	1	1	-	-	-	-	-	+	
Psychotria capitata Ruiz & Pav.	Rubiaceae	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	72	20	134	110	-	-	-	-	-	-	
Psychotria carthagenensis Jacq.	Rubiaceae	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	102	53	338	597	35	23	-	+	+	+	
Psychotria deflexa DC.	Rubiaceae	-	-	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-	125	30	111	485	-	1	-	+	+	+	
Psychotria sp.1	Rubiaceae	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Psychotria sp.2	Rubiaceae	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Psychotria vellosiana Benth.	Rubiaceae	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37	106	650	-	-	-	+	+		
Randia armata (Sw.) DC.	Rubiaceae	1	-	-	10	4	5	81	10	-	GFSE	0,193	0,248	45	125	131	290	8	26	-	+	+	+	
Rubiaceae sp.1	Rubiaceae	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Rubiaceae sp.2	Rubiaceae	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Rubiaceae sp.3	Rubiaceae	-	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Rubiaceae sp.4	Rubiaceae	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Rudgea jasminoides (Cham.) Müll.Arg.</b>	<b>Rubiaceae</b>	-	-	-	6	-	-	-	-	-	<b>GFSE</b>	<b>0,400</b>	<b>0,008</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>97</b>	<b>1262</b>	-	-	-	+	+		
Rudgea viburnoides (Cham.) Benth.	Rubiaceae	-	-	-	-	4	-	-	8	-	GFCW	0,067	0,842	43	-	325	29	-	9	-	+	+		

Espécie	Família botânica	S	N	NW	GF					C	maxcls	ISA	pval	Species-Link				NeoTropTree						
					SE	CW	NE	E						Am	Ca	Ce	At	Pa	Pant	Chac.	Ande.	Paci.	Meso.	
Simira rubescens (Benth.) Bremek. ex Steyerl.	Rubiaceae	-	-	-	-	1	8	-	-	-	GFNE	0,244	0,058	116	6	8	3	-	2					
Simira sampaioana (Standl.) Steyerl.	Rubiaceae	2	-	-	56	75	9	10	248	-	GFC	0,124	0,781	1	1	15	92	-	-					
Tocoyena formosa (Cham. & Schltdl.) K. Schum.	Rubiaceae	-	-	-	-	12	-	14	40	-	GFC	0,164	0,376	23	243	577	157	-	32	+				
Balfourodendron molle (Miq.) Pirani	Rutaceae	-	-	-	-	-	-	141	-	-	GFE	0,273	0,064	2	185	8	8	-	-					
<b>Balfourodendron riedelianum (Engl.) Engl.</b>	<b>Rutaceae</b>	<b>6</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>GFS</b>	<b>0,667</b>	<b>0,004</b>	<b>2</b>	<b>27</b>	<b>69</b>	<b>458</b>	-	<b>7</b>					
Dictyoloma vandellianum A.Juss.	Rutaceae	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	14	63	22	120	-	-		+			
Esenbeckia febrifuga (A.St.-Hil.) A. Juss. ex Mart.	Rutaceae	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	69	191	-	-					
Esenbeckia grandiflora Mart.	Rutaceae	2	-	-	3	-	-	-	4	-	GFS	0,131	0,363	19	59	56	493	10	-	+	+			
Esenbeckia pilocarpoides Kunth	Rutaceae	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	101	6	-	12	-	-				+	
Esenbeckia sp.1	Rutaceae	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
<b>Galipea ciliata Taub.</b>	<b>Rutaceae</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>356</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>GFE</b>	<b>0,545</b>	<b>0,008</b>	<b>2</b>	<b>54</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>-</b>	<b>1</b>			+		
Galipea jasminiflora (A.St.-Hil.) Engl.	Rutaceae	4	-	-	1	-	-	94	-	-	GFS	0,195	0,129	8	-	68	83	-	-			+		
<b>Metrodorea nigra A.St.-Hil.</b>	<b>Rutaceae</b>	<b>320</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>GFS</b>	<b>0,998</b>	<b>0,001</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>117</b>	<b>529</b>	<b>-</b>	<b>-</b>					
<b>Metrodorea stipularis Mart.</b>	<b>Rutaceae</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>GFSE</b>	<b>0,400</b>	<b>0,007</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>27</b>	<b>35</b>	<b>-</b>	<b>-</b>					
<b>Pilocarpus pauciflorus A.St.-Hil.</b>	<b>Rutaceae</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>GFS</b>	<b>0,661</b>	<b>0,001</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>37</b>	<b>155</b>	<b>-</b>	<b>-</b>					
Pilocarpus pennatifolius Lem.	Rutaceae	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32	461	11	-	+				
Pilocarpus trachylophus Holmes	Rutaceae	-	-	-	-	-	-	23	-	-	-	-	-	1	98	28	-	-	-					
Rutaceae sp.1	Rutaceae	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
Zanthoxylum acuminatum (Sw.) Sw.	Rutaceae	-	6	5	-	-	2	-	-	-	GFNW	0,131	0,390	8	4	7	95	-	-			+	+	+
Zanthoxylum caribaeum Lam.	Rutaceae	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	1	11	159	2	10	+	+	+	+	
<b>Zanthoxylum fagara (L.) Sarg.</b>	<b>Rutaceae</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>GFS</b>	<b>0,535</b>	<b>0,004</b>	<b>1</b>	<b>29</b>	<b>37</b>	<b>240</b>	<b>35</b>	<b>16</b>	+	+	+	+	
Zanthoxylum monogyne A.St.-Hil.	Rutaceae	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	6	4	12	69	-	-			+		
Zanthoxylum petiolare A.St.-Hil. & Tul.	Rutaceae	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	29	21	67	-	7	+	+			
Zanthoxylum rhoifolium Lam.	Rutaceae	1	-	2	4	18	3	1	52	-	GFCW	0,109	0,707	84	206	297	489	24	-	+	+	+	+	
Zanthoxylum riedelianum Engl.	Rutaceae	9	-	-	-	13	-	-	24	-	GFS	0,235	0,118	8	6	138	51	-	7			+	+	
Zanthoxylum stelligerum Turcz.	Rutaceae	-	-	-	-	-	-	4	-	-	GFE	0,273	0,07	4	131	29	8	-	-					
Meliosma sellowii Urb.	Sabiaceae	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	3	273	1	-					
Banara guianensis Aubl.	Salicaceae	-	-	-	-	5	-	-	-	-	GFCW	0,111	0,453	119	20	6	11	-	2			+	+	+
Banara parviflora (A.Gray) Benth.	Salicaceae	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	148	56	-					
Casearia arborea (Rich.) Urb.	Salicaceae	-	5	2	15	124	-	2	4	-	GFCW	0,279	0,090	104	117	95	244	-	-			+	+	+
<b>Casearia decandra Jacq.</b>	<b>Salicaceae</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>42</b>	<b>10</b>	<b>-</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>GFSE</b>	<b>0,759</b>	<b>0,001</b>	<b>53</b>	<b>16</b>	<b>61</b>	<b>408</b>	<b>25</b>	<b>9</b>			+	+	+
Casearia gossypiosperma Briq.	Salicaceae	-	-	-	4	-	-	64	168	-	GFC	0,062	0,795	14	3	104	140	-	17	+	+			
Casearia grandiflora Cambess.	Salicaceae	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	103	63	285	27	-	-			+	+	
Casearia lasiophylla Eichler	Salicaceae	-	-	-	15	-	11	-	-	-	GFSE	0,252	0,089	-	7	47	139	-	-					
Casearia mariquitensis Kunth	Salicaceae	-	-	-	-	9	-	-	40	-	GFCW	0,091	0,677	31	9	24	74	-	-			+	+	
<b>Casearia oblongifolia Cambess.</b>	<b>Salicaceae</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>31</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>GFSE</b>	<b>0,800</b>	<b>0,001</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>89</b>	<b>-</b>	<b>-</b>			+		
<b>Casearia rupestris Eichler</b>	<b>Salicaceae</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>53</b>	<b>-</b>	<b>26</b>	<b>474</b>	<b>-</b>	<b>GFC</b>	<b>0,418</b>	<b>0,015</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>100</b>	<b>9</b>	<b>-</b>	<b>12</b>					
<b>Casearia seloana Eichler</b>	<b>Salicaceae</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>484</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>GFE</b>	<b>0,364</b>	<b>0,025</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>37</b>	<b>-</b>	<b>-</b>					
Casearia sp.1	Salicaceae	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
Casearia sp.2	Salicaceae	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
Casearia sp.3	Salicaceae	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
Casearia sylvestris Sw.	Salicaceae	1	-	-	93	59	6	-	113	-	GFSE	0,354	0,066	102	159	708	1049	44	30	+	+	+	+	
Casearia ulmifolia Vahl ex Vent.	Salicaceae	-	-	-	1	-	7	-	-	-	GFNE	0,223	0,090	46	22	18	16	-	1			+		
Homalium guianense (Aubl.) Oken	Salicaceae	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	65	1	36	-	-	-					
Salicaceae sp.1	Salicaceae	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
Salicaceae sp.2	Salicaceae	-	1	-	-	2	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
Xylosma ciliatifolia (Clos) Eichler	Salicaceae	-	-	-	16	-	-	98	-	-	GFSE	0,253	0,091	-	18	4	83	1	-			+		
Xylosma pseudosalzmanii Sleumer	Salicaceae	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	130	15	-					
Xylosma sp.1	Salicaceae	-	1	-	-	4	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
Xylosma sp.2	Salicaceae	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
<b>Allophylus edulis (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.</b>	<b>Sapindaceae</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>14</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>GFSE</b>	<b>0,589</b>	<b>0,003</b>	<b>17</b>	<b>34</b>	<b>95</b>	<b>528</b>	<b>46</b>	<b>7</b>	+	+			
Allophylus strictus Radlk.	Sapindaceae	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	10	-	5	-	-	-					
Allophylus petiolulatus Radlk.	Sapindaceae	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	12	425	-	-			+		
Allophylus racemosus Sw.	Sapindaceae	-	-	-	-	-	-	4	5	-	GFE	0,039	0,929	7	14	97	90	-	-				+	+
Allophylus racemosus Sw.	Sapindaceae	-	-	-	-	44	11	-	54	-	GFNE	0,136	0,374	12	22	130	182	-	-					
Cupania castaneaeifolia Mart.	Sapindaceae	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	7	-	-	6					
Cupania hispida Radlk.	Sapindaceae	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	71	-	-	16	-	-					

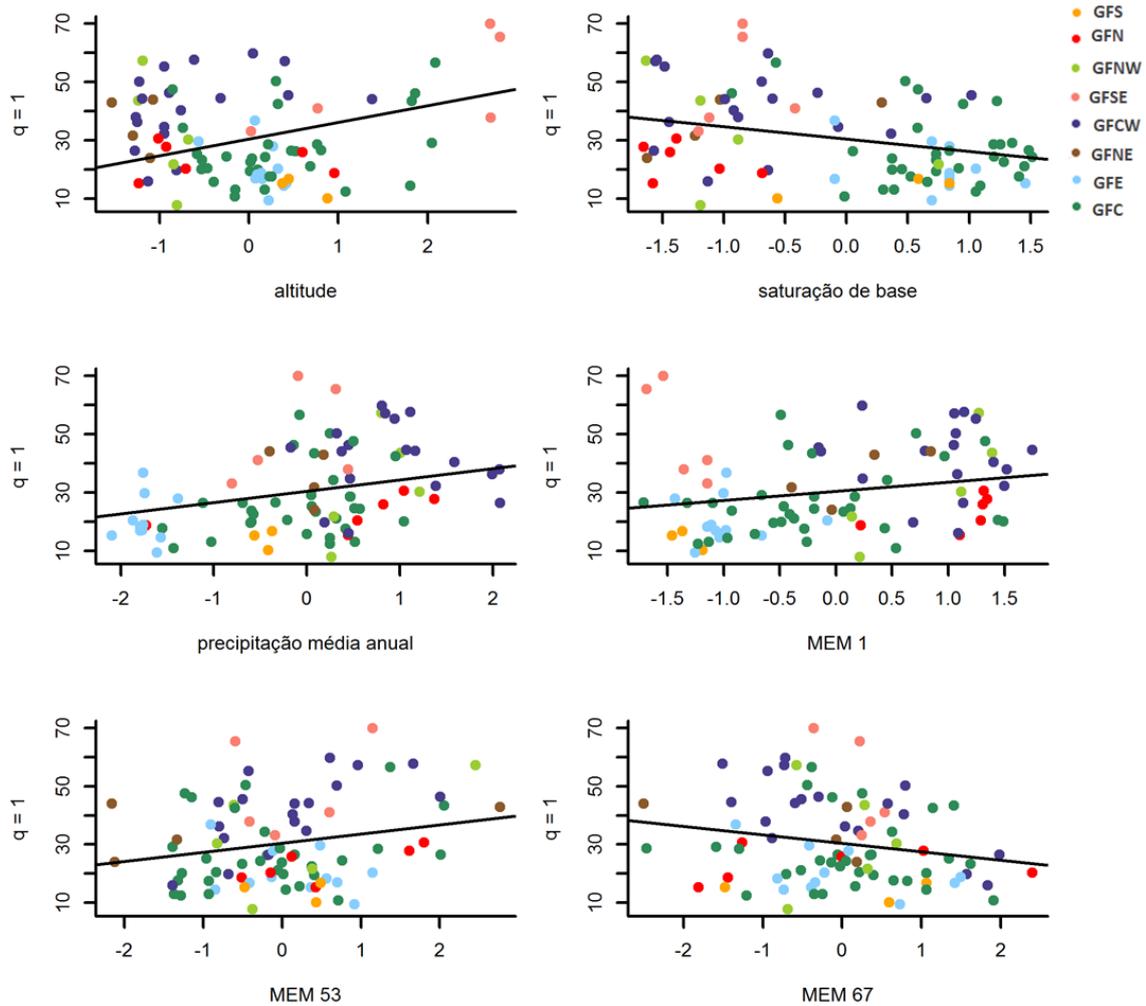
Espécie	Família botânica	S	N	NW	GF					maxcls	ISA indval	pval	Am	Ca	Species-Link			NeoTropTree							
					SE	CW	NE	E	C						Ce	At	Pa	Pant	Chac.	Ande.	Paci.	Meso.			
Cupania racemosa (Vell.) Radlk.	Sapindaceae	-	-	6	-	5	-	-	1	GFNW	0,175	0,195	-	5	3	170	-	-	-	-	-	-	-	-	
Cupania sp.1	Sapindaceae	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Cupania vernalis Cambess.</b>	<b>Sapindaceae</b>	-	-	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>38</b>	-	-	<b>61</b>	<b>GFSE</b>	<b>0,615</b>	<b>0,003</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>229</b>	<b>417</b>	<b>21</b>	<b>3</b>							
Diatenopteryx grazielae Vaz & Andreata	Sapindaceae	-	-	-	-	-	-	50	-	-	-	-	-	35	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Diatenopteryx sorbifolia Radlk.</b>	<b>Sapindaceae</b>	<b>4</b>	-	-	-	-	-	-	-	<b>GFS</b>	<b>0,667</b>	<b>0,001</b>	-	<b>1</b>	<b>22</b>	<b>126</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Dilodendron bipinnatum Radlk.</b>	<b>Sapindaceae</b>	-	-	-	-	<b>53</b>	-	<b>10</b>	<b>1050</b>	<b>GFC</b>	<b>0,771</b>	<b>0,001</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>118</b>	<b>18</b>	-	<b>10</b>							
Magonia pubescens A.St.-Hil.	Sapindaceae	-	-	-	-	52	2	1	133	GFC	0,226	0,182	17	30	208	9	-	7							
Matayba adenantha Radlk.	Sapindaceae	-	4	2	-	43	-	-	-	GFCW	0,065	0,787	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Matayba elaeagnoides Radlk.</b>	<b>Sapindaceae</b>	<b>1</b>	-	<b>4</b>	<b>217</b>	<b>8</b>	-	-	-	<b>GFSE</b>	<b>0,955</b>	<b>0,001</b>	<b>14</b>	-	<b>126</b>	<b>354</b>	<b>16</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
Matayba guianensis Aubl.	Sapindaceae	-	-	-	-	45	2	-	68	GFCW	0,468	0,007	125	36	324	164	2	7							
<b>Matayba juglandifolia (Cambess.) Radlk.</b>	<b>Sapindaceae</b>	-	-	-	-	<b>3</b>	-	-	-	<b>GFSE</b>	<b>0,400</b>	<b>0,004</b>	<b>1</b>	-	<b>11</b>	<b>165</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sapindaceae sp.1	Sapindaceae	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sapindaceae sp.2	Sapindaceae	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Talisia esculenta (Cambess.) Radlk.	Sapindaceae	-	-	-	-	36	4	27	112	GFC	0,130	0,618	17	87	65	47	-	19							
Talisia guianensis Aubl.	Sapindaceae	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	14	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Talisia macrophylla (Mart.) Radlk.	Sapindaceae	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	116	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Talisia sp.1	Sapindaceae	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Toulicia guianensis Aubl.	Sapindaceae	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	66	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Toulicia sp.1	Sapindaceae	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Chrysophyllum gonocarpum (Mart. &amp; Eichler ex Miq.) Engl.</b>	<b>Sapotaceae</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>3</b>	-	<b>10</b>	<b>1</b>	-	<b>4</b>	<b>GFS</b>	<b>0,349</b>	<b>0,028</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>82</b>	<b>353</b>	<b>10</b>	<b>2</b>							
<b>Chrysophyllum marginatum (Hook. &amp; Arn.) Radlk.</b>	<b>Sapotaceae</b>	<b>7</b>	-	-	<b>66</b>	<b>8</b>	-	-	<b>36</b>	<b>GFSE</b>	<b>0,401</b>	<b>0,034</b>	<b>4</b>	<b>17</b>	<b>221</b>	<b>261</b>	<b>30</b>	<b>14</b>							
Chrysophyllum sp.1	Sapotaceae	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ecclinusa ramiflora Mart.	Sapotaceae	-	-	3	-	41	-	-	-	GFCW	0,049	0,792	53	1	5	108	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ecclinusa sp.1	Sapotaceae	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Manilkara salzmannii (A.DC.) H.J.Lam</b>	<b>Sapotaceae</b>	-	<b>34</b>	-	-	-	-	<b>8</b>	-	<b>GFN</b>	<b>0,375</b>	<b>0,014</b>	<b>9</b>	<b>37</b>	<b>5</b>	<b>325</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Micropholis guyanensis (A.DC.) Pierre</b>	<b>Sapotaceae</b>	-	<b>7</b>	-	-	<b>6</b>	-	-	-	<b>GFN</b>	<b>0,283</b>	<b>0,033</b>	<b>533</b>	<b>1</b>	<b>18</b>	<b>72</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Micropholis sp.1	Sapotaceae	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Micropholis venulosa (Mart. &amp; Eichler) Pierre</b>	<b>Sapotaceae</b>	-	-	-	-	<b>111</b>	-	-	-	<b>GFCW</b>	<b>0,556</b>	<b>0,004</b>	<b>158</b>	<b>4</b>	<b>72</b>	<b>20</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Pouteria caimito (Ruiz &amp; Pav.) Radlk.</b>	<b>Sapotaceae</b>	-	-	<b>5</b>	-	<b>1</b>	<b>19</b>	-	-	<b>GFNE</b>	<b>0,412</b>	<b>0,007</b>	<b>92</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>114</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pouteria cuspidata (A.DC.) Baehni	Sapotaceae	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	186	-	17	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Pouteria gardneri (Mart. &amp; Miq.) Baehni</b>	<b>Sapotaceae</b>	-	-	-	-	<b>41</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>211</b>	<b>GFC</b>	<b>0,364</b>	<b>0,048</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>52</b>	<b>68</b>	<b>1</b>	<b>3</b>							
Pouteria macrophylla (Lam.) Eyma	Sapotaceae	-	-	1	-	62	5	-	8	GFCW	0,314	0,060	73	6	16	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pouteria plicata T.D.Penn.	Sapotaceae	-	-	-	-	14	-	-	1	GFCW	0,218	0,127	16	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Pouteria ramiflora (Mart.) Radlk.</b>	<b>Sapotaceae</b>	-	-	<b>1</b>	-	<b>27</b>	<b>38</b>	-	<b>27</b>	<b>GFNE</b>	<b>0,645</b>	<b>0,004</b>	<b>62</b>	<b>182</b>	<b>441</b>	<b>26</b>	-	<b>12</b>							
Pouteria sp.1	Sapotaceae	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pouteria sp.2	Sapotaceae	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pouteria sp.3	Sapotaceae	-	-	-	-	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pouteria torta (Mart.) Radlk.	Sapotaceae	-	-	-	-	7	-	1	14	GFCW	0,129	0,414	59	15	219	85	-	4							
Sapotaceae sp.1	Sapotaceae	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sapotaceae sp.2	Sapotaceae	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sideroxylon obtusifolium (Roem. & Schult.) T.D.Penn.	Sapotaceae	-	-	-	-	-	-	-	13	-	-	-	4	413	20	115	24	23							
Schoepfia brasiliensis A.DC.	Schoepfiaceae	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	5	100	6	118	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Simaba maiana Casar.	Simaroubaceae	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	3	15	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Simaba orinocensis Kunth	Simaroubaceae	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Simarouba amara Aubl.	Simaroubaceae	-	1	2	-	11	-	-	2	GFNW	0,121	0,410	115	122	83	101	-	3							
Simarouba versicolor A.St.-Hil.	Simaroubaceae	-	4	-	-	28	3	-	30	GFCW	0,212	0,248	17	51	183	18	-	7							
Siparuna guianensis Aubl.	Siparunaceae	-	2	29	40	83	-	-	3	GFSE	0,336	0,123	280	23	423	270	-	2							
Siparuna reginae (Tul.) A.DC.	Siparunaceae	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	51	4	2	76	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Brunfelsia brasiliensis (Spreng.) L.B.Sm. & Downs	Solanaceae	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	9	4	118	455	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cestrum axillare Vell.	Solanaceae	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	74	52	359	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Solanum argenteum Dunal	Solanaceae	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	-	35	371	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Solanum campaniforme Roem. & Schult.	Solanaceae	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	71	75	17	506	1	-	-	-	-	-	-	-	
Solanum sp.1	Solanaceae	-	-	-	-	-	-	32	-	-	-	-	1	3	10	42	10	-	-	-	-	-	-	-	-
Solanum granuloseprosum Dunal	Solanaceae	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	84	301	12	2							
Solanum pseudoquina A.St.-Hil.	Solanaceae	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	8	67	1011	72	-	-	-	-	-	-	-	-
Solanum swartzianum Roem. & Schult.	Solanaceae	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	19	16	21	888	1	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Styrax camporum Pohl</b>	<b>Styracaceae</b>	-	-	-	<b>7</b>	<b>7</b>	-	-	<b>6</b>	<b>GFSE</b>	<b>0,424</b>	<b>0,007</b>	<b>4</b>	<b>66</b>	<b>263</b>	<b>101</b>	-	<b>1</b>							



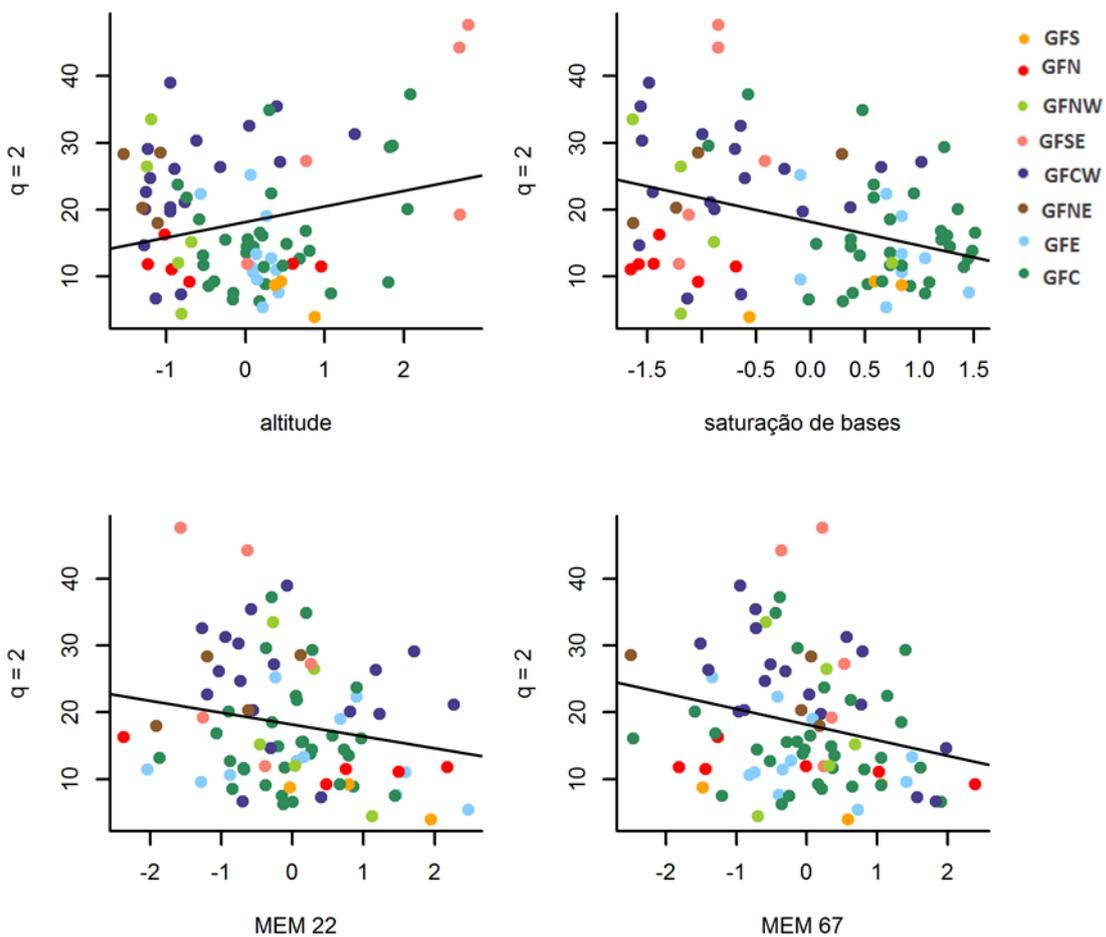
**Material Suplementar 3** – Relações entre a riqueza de espécies arbóreas ( $q = 0$ ) das florestas estacionais do Cerrado e variáveis ambientais e espaciais selecionados como preditores do modelo de regressão múltipla. GFS = Grupo Fitofisionômico Sul (laranja), GFSE = Grupo Fitofisionômico Sudeste (salmão), GFN = Grupo Fitofisionômico Norte (vermelho), GFNW = Grupo Fitofisionômico Noroeste (verde claro), GFNE = Grupo Fitofisionômico Nordeste (marrom), GFE = Grupo Fitofisionômico Leste (azul-claro); GFCW = Grupo Fitofisionômico Centro-Oeste (azul-escuro), GFC = Grupo Fitofisionômico Centro (verde-escuro).



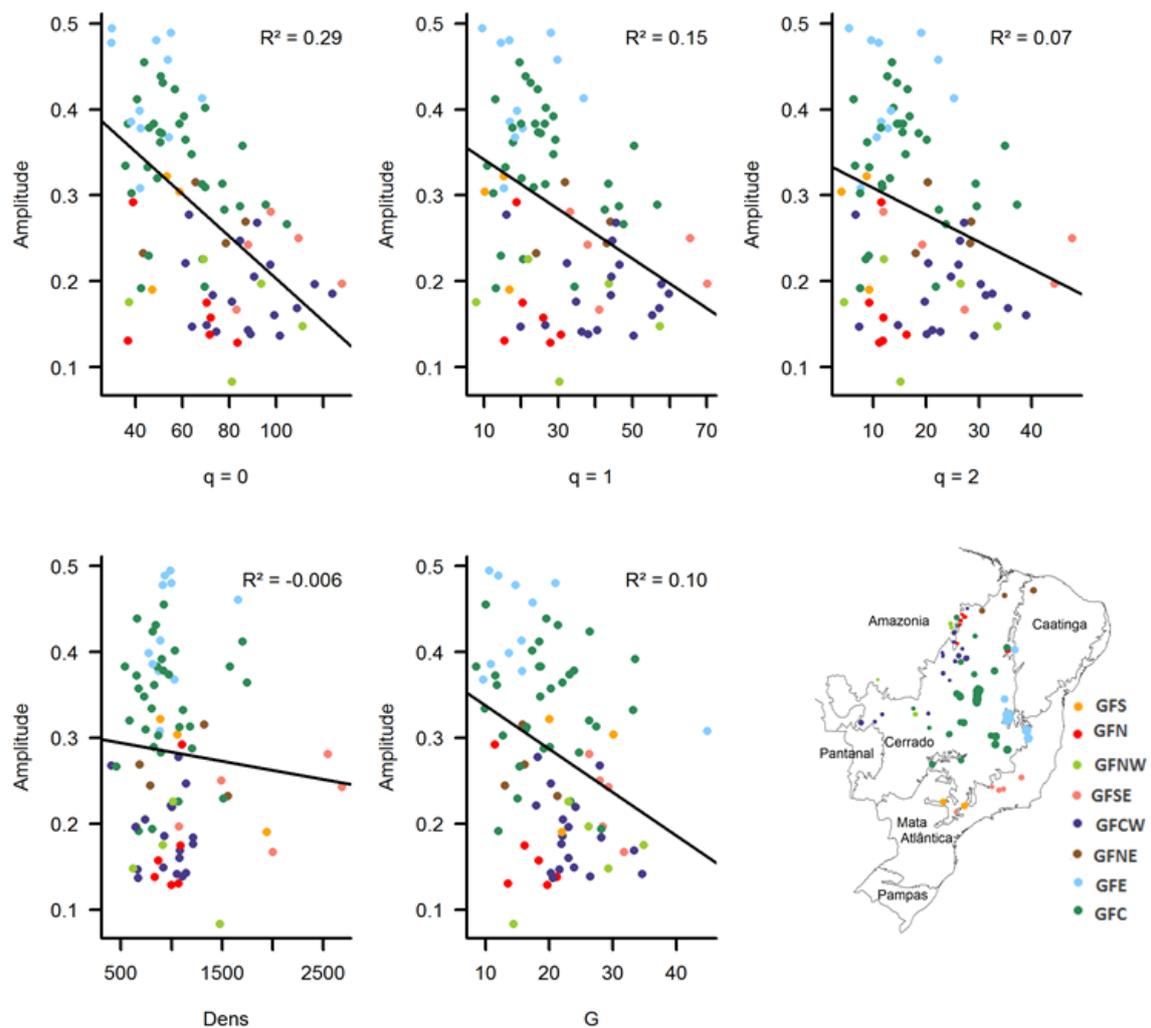
**Material Suplementar 4** – Relações entre o número de espécies raras ( $q = 1$ ) das florestas estacionais do Cerrado e variáveis ambientais e espaciais selecionados como preditores do modelo de regressão múltipla. GFS = Grupo Fitofisionômico Sul (laranja), GFSE = Grupo Fitofisionômico Sudeste (salmão), GFN = Grupo Fitofisionômico Norte (vermelho), GFNW = Grupo Fitofisionômico Noroeste (verde claro), GFNE = Grupo Fitofisionômico Nordeste (marrom), GFE = Grupo Fitofisionômico Leste (azul-claro); GFCW = Grupo Fitofisionômico Centro-Oeste (azul-escuro), GFC = Grupo Fitofisionômico Centro (verde-escuro).



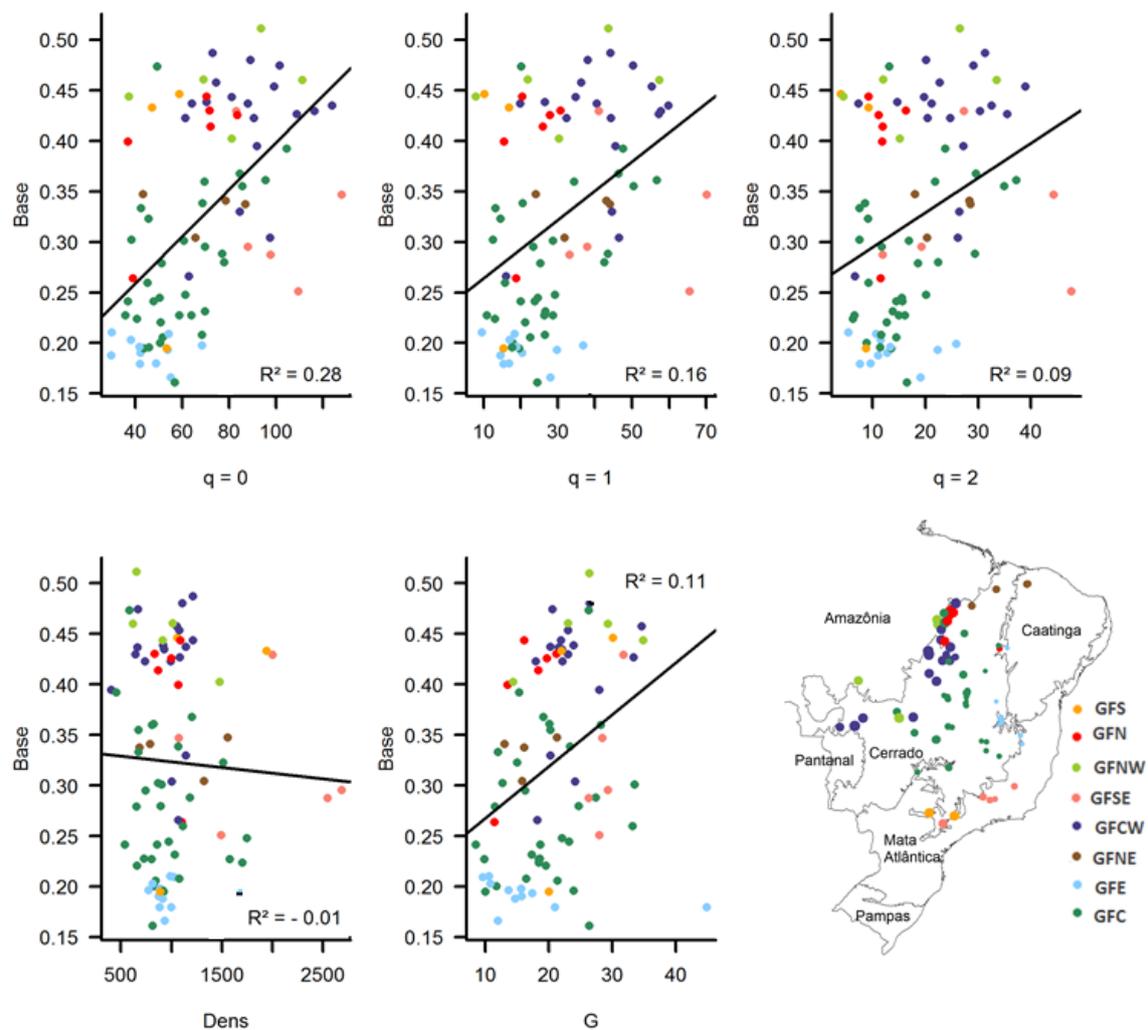
**Material Suplementar 5** – Relações entre o número de espécies dominantes ( $q = 2$ ) das florestas estacionais do Cerrado e variáveis ambientais e espaciais selecionados como preditores do modelo de regressão de regressão múltipla. GFS = Grupo Fitofisionômico Sul (laranja), GFSE = Grupo Fitofisionômico Sudeste (salmão), GFN = Grupo Fitofisionômico Norte (vermelho), GFNW = Grupo Fitofisionômico Noroeste (verde claro), GFNE = Grupo Fitofisionômico Nordeste (marrom), GFE = Grupo Fitofisionômico Leste (azul-claro); GFCW = Grupo Fitofisionômico Centro-Oeste (azul-escuro), GFC = Grupo Fitofisionômico Centro (verde-escuro).



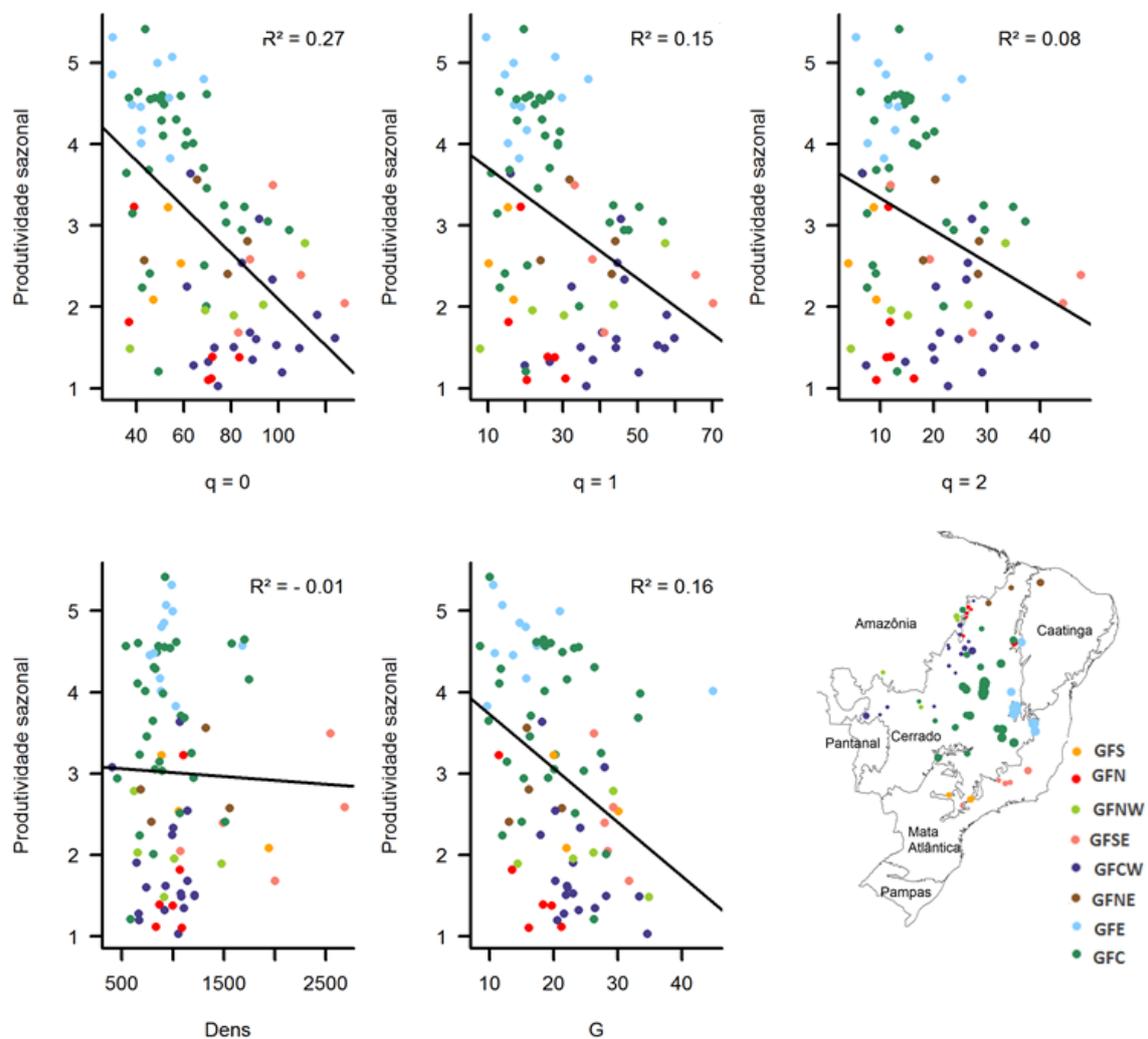
**Material Suplementar 6** – Relação linear da amplitude média de 13 ciclos (2001 a 2013) do Índice de Vegetação Melhorado (EVI – *Enhanced Vegetation Index*) com as medidas de diversidade - riqueza ( $q = 0$ ), espécies raras ( $q = 1$ ) e espécies dominantes ( $q = 2$ ) - e com os parâmetros estruturais - densidade (Dens) e área basal (G) de florestas tropicais sazonalmente secas (FTSS) do bioma Cerrado. Os tamanhos dos círculos que representam os remanescentes no mapa variam na escala de valores de amplitude. GFS = Grupo Fitofisionômico Sul (laranja), GFSE = Grupo Fitofisionômico Sudeste (salmão), GFN = Grupo Fitofisionômico Norte (vermelho), GFNW = Grupo Fitofisionômico Noroeste (verde claro), GFNE = Grupo Fitofisionômico Nordeste (marrom), GFE = Grupo Fitofisionômico Leste (azul-claro); GFCW = Grupo Fitofisionômico Centro-Oeste (azul-escuro), GFC = Grupo Fitofisionômico Centro (verde-escuro).



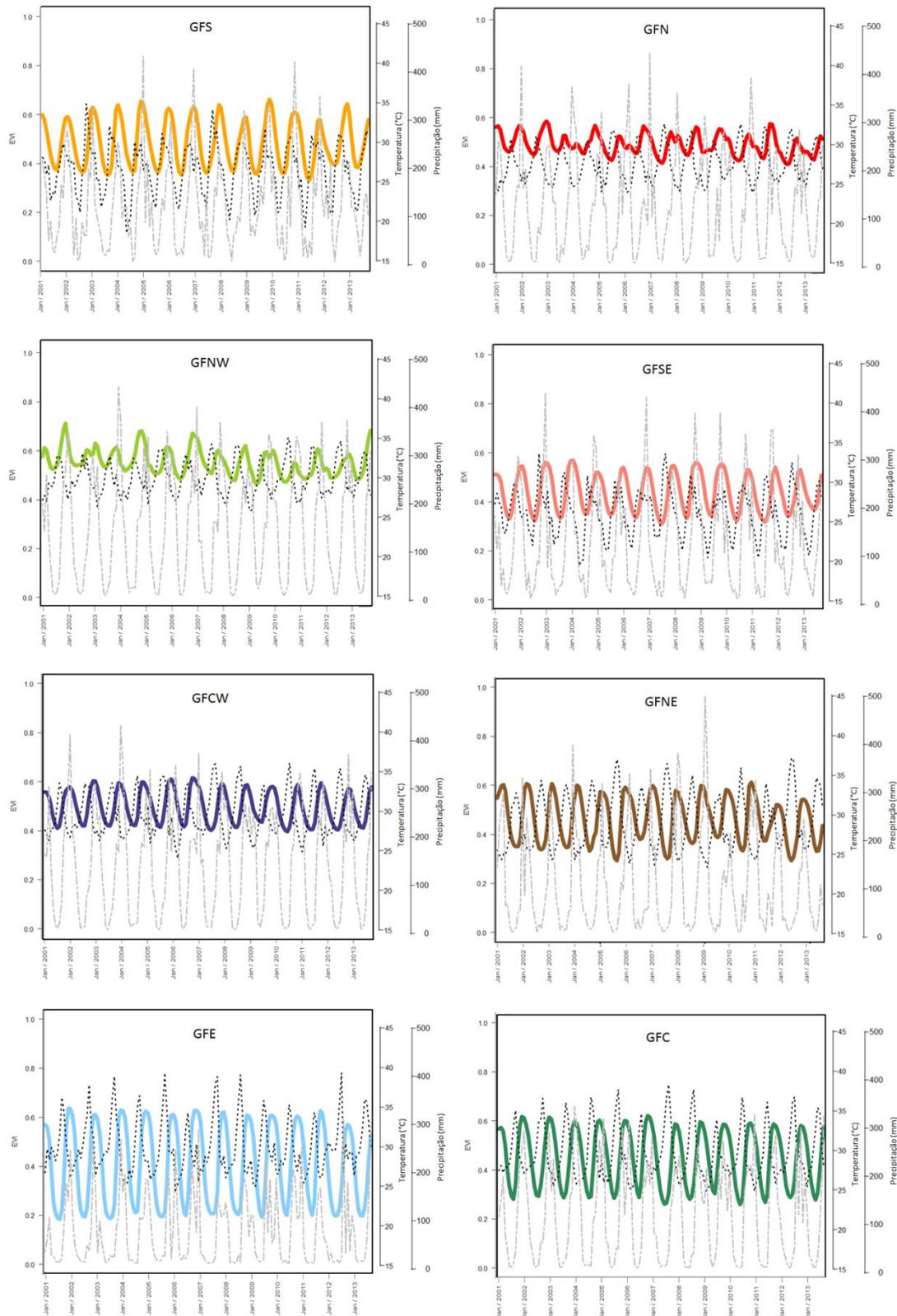
**Material Suplementar 7** – Relação linear do valor de base (base) médio de 13 ciclos (2001 a 2013) do Índice de Vegetação Melhorado (EVI – *Enhanced Vegetation Index*) com as medidas de diversidade - riqueza ( $q = 0$ ), espécies raras ( $q = 1$ ) e espécies dominantes ( $q = 2$ ) - e com os parâmetros estruturais - densidade (Dens) e área basal (G) de florestas tropicais sazonalmente secas (FTSS) do bioma Cerrado. Os tamanhos dos círculos que representam os remanescentes no mapa variam na escala de valores de base. GFS = Grupo Fitofisionômico Sul (laranja), GFSE = Grupo Fitofisionômico Sudeste (salmão), GFN = Grupo Fitofisionômico Norte (vermelho), GFNW = Grupo Fitofisionômico Noroeste (verde claro), GFNE = Grupo Fitofisionômico Nordeste (marrom), GFE = Grupo Fitofisionômico Leste (azul-claro); GFCW = Grupo Fitofisionômico Centro-Oeste (azul-escuro), GFC = Grupo Fitofisionômico Centro (verde-escuro).



**Material Suplementar 8** – Relação linear da produtividade sazonal média de 13 ciclos (2001 a 2013) do Índice de Vegetação Melhorado (EVI – *Enhanced Vegetation Index*) com as medidas de diversidade - riqueza ( $q = 0$ ), espécies raras ( $q = 1$ ) e espécies dominantes ( $q = 2$ ) - e com os parâmetros estruturais - densidade (Dens) e área basal (G) de florestas tropicais sazonalmente secas (FTSS) do bioma Cerrado. Os tamanhos dos círculos que representam os remanescentes no mapa variam na escala de valores da produtividade sazonal. GFS = Grupo Fitofisionômico Sul (laranja), GFSE = Grupo Fitofisionômico Sudeste (salmão), GFN = Grupo Fitofisionômico Norte (vermelho), GFNW = Grupo Fitofisionômico Noroeste (verde claro), GFNE = Grupo Fitofisionômico Nordeste (marrom), GFE = Grupo Fitofisionômico Leste (azul-claro); GFCW = Grupo Fitofisionômico Centro-Oeste (azul-escuro), GFC = Grupo Fitofisionômico Centro (verde-escuro).



**Material Suplementar 9** – Assinaturas das séries temporais (2001 e 2013) de valores médios mensais: (i) do Índice de Vegetação Melhorado (EVI – *Enhanced Vegetation Index* – linha cheia colorida), (ii) precipitação (-----) e (iii) da temperatura (·····) dos oito Grupos Fitofisionômicos de floresta tropical sazonalmente seca (FTSS) do Cerrado.



## Referências suplementares

- Baldin, A.O.B. 2011. Fitossociologia de uma floresta estacional semidecidual explorada seletivamente, com ocorrência de Mogno - *Swietenia macrophylla* King, no Bioma Cerrado, estado de Mato Grosso, Brasil. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, 86 p
- Botrel, R.T., Oliveira-Filho, A.T., Rodrigues, L.A. & Curi, 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.
- Durigan, G., Franco, G., Saito, M. & Baitello, J. 2000. Estrutura e diversidade do componente arbóreo da floresta na Estação Ecológica dos Caetetus, Gália, SP. *Revista Brasileira de Botânica* 23(4): 371-383.
- Haidar, R. F., Fagg, J. M. F., Pinto, J. R. R., Dias, R. R., Damasco, G., Silva, L.C. R., & Fagg, C. W. 2013. Florestas estacionais e áreas de ecótono no estado do Tocantins, Brasil: parâmetros estruturais, classificação das fitofisionomias florestais e subsídios para conservação. *Acta Amazonica*, 43(3): 261-290.
- Haidar, R.F., Felfili, J.M., Pinto, J.R.R. & Fagg, C.W. 2005. Fitossociologia da vegetação arbórea em fragmentos de floresta estacional no Parque Ecológico Altamiro de Moura Pacheco, GO. *Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer* 15: 19-46.
- Haidar, R.F.; Felfili, J.M.; Matos, M.Q.; Castro, A.A.J.F. 2010a. Fitossociologia e diversidade de manchas naturais de floresta estacional semidecidual no Parque Nacional de Sete Cidades (PN7C), Piauí, Brasil. *Biodiversidade e Ecótonos da Região Setentrional do Piauí*, 5: 141-165.
- Haidar, R.F., Amaral, A.G., Lindoso, G.S., Vale, G.D., Ribeiro, G.H.P.M. & Silveira, I.M. 2010b. Vegetação das áreas propostas para a criação das Reservas Extrativistas Barra do Pacuí e Buritizeiro, In: Estudos de vegetação para subsidiar a criação das Reservas Extrativistas Barra do Pacuí e Buritizeiro - MG (Felfili, J. M, org.). *Série Biodiversidade*. v.37. Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasília. p. 27-126.
- Ivanauskas, N.M & Rodrigues, R.R. 2000. Florística e fitossociologia de remanescentes de floresta estacional decidual em Piracicaba, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 23(3):291-304.
- Ivanauskas, N.M., Rodrigues, R.R. & Nave, A.G. 1999. Phytosociology of the semi-deciduous seasonal forest fragment in Itatinga, São Paulo, Brazil. *Scientia Forestalis* 56: 83-99.
- Kunz, S.H., Ivanauskas, N.M, Martins, S.V., Silva, E. & Stefanello, D. 2008. Aspectos florísticos e fitossociológicos de um trecho de Floresta Estacional Perenifólia na Fazenda Trairão, Bacia do Rio das Pacas, Querência-MT. *Acta Amazonica* 38(2): 245-254.
- Marimon, B.S., Felfili, J.M. & Haridasan, M. 2001. Studies in monodominant forests in eastern Mato Grosso, Brasil: I. A forest of *Brosimum rubescens* Taub. *Edinburgh Journal of Botany* 58(1): 123-137.
- Medeiros, M.B., Walter, B.M.T. & Oliveira, W.L. 2014. Floristic and structural comparisons between woody communities of two seasonal forest fragments in the Tocantins river basin and other remnants of this forest physiognomy in Brazil. *Rodriguésia* 65(1): 021-033.
- Mello J.M, Scolforo J.R.S. & Carvalho L.M.T. 2008. Inventário Florestal de Minas Gerais: Floresta estacional decidual - Florística, estrutura, diversidade, similaridade,

- distribuição diamétrica e de altura, volumetria, tendências de crescimento e manejo florestal. Lavras: Editora UFLA, 266 p.
- Mews, H.A., Marimon, B.S., Pinto, J.R.R. & Silvério, D.V. 2011. Dinâmica estrutural da comunidade lenhosa em Floresta Estacional Semidecidual na transição Cerrado-Floresta Amazônica, Mato Grosso, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 25(4):845-857.
- Monteiro, J.R.B. 1993. Composição florística e estrutura de uma floresta mesófila semidecídua no município de Chapada dos Guimarães - MT. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Moreira, A.M., Menino, G.C.O., Santos, R.M., Pifano, D.S., Borém, R.A.T., Almeida, C.A.M. & Domingos, D.Q. 2013. Composição florística e estrutura da comunidade arbórea de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em Coqueiral, MG, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências* 11(1):43-51.
- Nascimento, A.R.T., Felfili, J.M. & Meirelles, E.M. 2004. Florística e estrutura da comunidade arbórea de um remanescente de floresta estacional decidual de encosta, Monte Alegre, GO, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 18(3): 659-669.
- Nascimento, H.E.M. & Viana, M.V. 1999. Estrutura e dinâmica de eco-unidades em um fragmento de floresta estacional semidecidual na região de Piracicaba, SP. *Scientia Forestalis* 55:29-47.
- Oliveira-Filho, A. T., Curi, N., Vilela, E. A. & Carvalho, D. A. 1998. Effects of canopy gaps, topography and soils on the distribution of woody species in a Central Brazilian deciduous dry forest. *Biotropica* 30: 362-375.
- Pereira, B.A.S., Venturoli, F. & Carvahó, F.A. 2011. Florestas estacionais no Cerrado: uma visão geral. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 41(3): 446-455.
- Silva, L. A. & Scariot, A. 2003. Composição florística e estrutura da comunidade arbórea em uma floresta estacional decidual em afloramento calcário (Fazenda São José, São Domingos, GO, Bacia do Rio Paranã). *Acta Botanica Brasilica* 17(2): 305-313.
- Silva, L. A. & Scariot, A. 2004a. Composição e estrutura da comunidade arbórea de uma floresta estacional decidual sobre afloramento calcário no Brasil Central. *Revista Árvore* 28(1): 69-75.
- Silva, L. A. & Scariot, A. 2004b. Comunidade arbórea de uma floresta estacional decídua sobre afloramento calcário na bacia do rio Paranã. *Revista Árvore* 28(1): 61-67.
- Silva, N. R. S., Martins, S. V., Neto, J. A. A. M. & Souza, A. L. 2004. Composição Florística e Estrutura de uma Floresta Estacional Semidecidual Montana em Viçosa, MG. *Revista Árvore* 28(3): 397-405.
- Siqueira, A.S., Araújo, G.M. & Schiavini, I. 2009. Estrutura do componente arbóreo e características edáficas de dois fragmentos de floresta estacional decidual no vale do Rio Araguari, MG, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 23(1): 10-21.
- Souza, J.S., Espírito-Santo, F.D.B, Fontes, M.A.L, Oliveira-Filho, A.T & Botezelli, L. 2003. Análise das variações estruturais da comunidade arbórea de um fragmento de floresta semidecídua às margens do rio Capivari, Lavras-MG. *Revista Árvore* 27(2): 185-206.