



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

CENTRO CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

Caio Bozzo Barbieri

**Inferindo o papel da variação interespecífica na  
resiliência à seca de comunidades lenhosas do Cerrado**

**Florianópolis 2020**

**Caio Bozzo Barbieri**

**Inferindo o papel da variação interespecífica na  
resiliência à seca de comunidades lenhosas do Cerrado**

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
para obtenção de título de Mestre em  
Ecologia pelo Programa de Pós-Graduação  
de Ecologia Da Universidade Federal de  
Santa Catarina Orientadora: Professora Dra.  
Marina Hirota.

**Florianópolis 2020**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Barbieri, Caio Bozzo Inferindo o papel da variação interespecífica na resiliência à seca de comunidades lenhosas do Cerrado / Caio Bozzo Barbieri ; orientadora, Marina Hirota, 2021.

70 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, , Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Ecologia. 2. Cerrado. 3. Regime de chuva. 4. índices de afiliação. 5. resiliência. I. Hirota, Marina . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Ecologia. III. Título.

Caio Bozzo Barbieri

**Inferindo o papel da variação interespecífica na resiliência à seca de  
comunidades lenhosas do Cerrado**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca  
examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.(a) Michele de Sá Dechoum, Dra.

Universidade Federal de Santa Catarina

Dr.(a) Adriane Esquivel-Muelbert,

Universidade de Birmingham, Reino Unido

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi  
julgado adequado para obtenção do título de mestre em Ecologia obtido pelo Programa  
de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal de Santa Catarina.

---

Prof.(a) Andrea Santarosa Freire, Dra.

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

---

Prof.(a) Marina Hirota, Dra.

Orientador(a)

Florianópolis, 2021

**Dedico este trabalho para todos os seres, e faço a aspiração  
que possamos viver em harmonia.**

Agradecimentos,

Gostaria de agradecer a coordenação do Programa de pós-graduação de Ecologia da UFSC, pelo apoio e pelo trabalho realizado em todos os momentos. Aos professores pelas aulas e explicações. Aos pós doutorandos que auxiliaram durante toda a etapa pelo suporte. Aos colegas de mestrado e todos os outros alunos que tive contato durante o período de projeto e a parte administrativa que realiza um excelente trabalho.

A CAPES pelo suporte através da bolsa durante um ano.

Ao laboratório IPES pela oportunidade de realizar este trabalho. A minha orientadora Profa. Dra. Marina Hirota pelo auxílio e orientação realizada durante o trabalho, as conversas, a disposição e a abertura constante (e a resiliência!). Ao prof. Dr Rafael Oliveira pelo auxílio e suporte direto, indireto e pela abertura e disposição. Aos colegas de laboratório, Marcio que me recebeu no início e sempre se mostrou disposto a ajudar, ao Bernardo pelas discussões adicionais sobre o projeto e apoio, em especial ao Matheus, pela ajuda com os códigos e pela generosidade de sempre se disponibilizar a resolver diversos enclaves técnicos e a todos do laboratório pelo respeito e amizade.

Gostaria de especialmente agradecer a Leonardo pelo acompanhamento pessoal, cafés idéias e apoio, e também ao Mario ao suporte mesmo “na correria”, em especial para o meu irmão da vida Lelo “no rolê desde a catequese até o mestrado!”, que me ajudou imensamente na finalização.

A Chagdud Khadro pela presença, apoio e benção para conclusão deste trabalho.

Gostaria de atribuir qualquer sucesso, benefício e etapa deste trabalho ao apoio de minha esposa e filho e familiares, sem o suporte, o amor, a generosidade e a paciência de vocês nada disso seria realizado, portanto este trabalho é tanto meu quanto de vocês, incomensuravelmente amo vocês!.

## Lista de imagens

<b>Figura1-</b> . (a,b ,c) Eixo x representa condições e o eixo y o estado de um sistema. Respostas (a) linear, (b) não linear, e (c) abrupta ou catastrófica de um dado sistema a determinadas condições. Note que entre os pontos vermelhos F1 e F2 o sistema pode permanecer em ambos os estados nas mesmas condições. (d) Paisagens de estabilidade como modelo conceitual da relação entre a dinâmica catastrófica e a resiliência de um determinado sistema. Fonte: SCHEFFER & CARPENTER, 2003.....	11
<b>Figura 2.</b> Mapa do bioma Cerrado.....	12
<b>Figura 3</b> Figura representativa dos tipos de formações vegetais presentes no bioma Cerrado.....	10
<b>Figura 4</b> (a) vetores mensais mostrando magnitude e direção, (b) somavetorial resultante, ambas as figuras mostrando valores referentes a cidade norte americana de São Francisco fonte: Markhan (1970).....	21
<b>Figura 5.</b> Mapa indicando a localização geográfica e fitofisionomia dos locais amostrais presentes neste estudo dentro do bioma Cerrado.....	23
<b>Figura 6.</b> Curva de rarefação realizada entre as fitofisionomias estudadas.....	25
<b>Figura 7.</b> Dendrograma com locais amostrais demonstrando similaridade florística entre os locais.....	26
<b>Figura 8.</b> (a) Distribuição dos valores de MAP para todo o bioma Cerrado. (b) Distribuição de valores de MAP nos locais amostrais. (c) Comparação da amplitude de MAP no bioma Cerrado e nas áreas de estudo (n=90).....	27
<b>Figura 9.</b> (a) Distribuição dos valores de MSI para todo o bioma Cerrado. (b) Distribuição de valores de MSI nos locais amostrais. (c) Comparação da amplitude de MAP no bioma Cerrado e nas áreas de estudo (n=90).....	29
<b>Figura 10.</b> Distribuição de fitofisionomias ao longo do gradiente de MAP. (a) Distribuição dos valores de MAP. (b) Distribuição dos valores de MSI.....	30
<b>Figura 11.</b> Análises de variação de afiliação à precipitação nas três fitofisionomias. <i>Boxplots</i> a, c e e demonstram a variação da afiliação à precipitação ao longo do gradiente de precipitação nas diferentes fitofisionomias. Legenda: Floresta Estacional Decidual; Cerradões e Savanas.....	35

Figura 11. (a) Regressões lineares dos Intervalos interquartis de afiliação a MAP nas três fitofisionomias estudadas em função do MAP (gradiente de precipitação) (b) Regressões lineares dos Intervalos interquartis de afiliação a MSI em função do MAP (gradiente de precipitação), (c) Regressões lineares dos Intervalos brutos (diferença entre máximo e mínimo de afiliação a MAP) de afiliação a MAP nas três fitofisionomias estudadas em função do MAP (gradiente de precipitação) (d) intervalo bruto de afiliação a MSI (diferença entre máximo e mínimo de afiliação a MSI) em função de MAP. Todas as retas representam regressões lineares. Em verde FED, em azul cerradões e em vermelho formações savânicas.....39

## Lista de tabelas

Tabela 1. Riqueza de espécies nas diferentes fitosionomias do Cerrado.....	24
Tabela 2. Caracterização da distribuição dos pontos amostrais no gradiente de precipitação.....	29
Tabela 3. Caracterização da distribuição dos pontos amostrais no gradiente de sazonalidade.....	29
Tabela 4 Valores de correlação de Kendall $\tau$ não paramétrico entre afiliação à precipitação e MAP.....	37
Tabela 5 Valores de correlação de Kendall $\tau$ não paramétrico entre afiliação à MSI e MAP.....	37
Tabela 6 . ANEXO I-Referências bibliográficas dos inventários florísticos e florestais utilizados neste estudo, coordenadas em decimais e municípios.....	50



## Sumário

<a href="#">Resumo</a> .....	1
<a href="#">Abstract</a> .....	3
<a href="#">1.Introdução</a> .....	5
<a href="#">2. Objetivos gerais</a> .....	13
<a href="#">2.1. Objetivo específico</a> .....	13
<a href="#">3. Materiais e Métodos</a> .....	14
<a href="#">3.1. Dados utilizados</a> .....	14
<a href="#">3.1.1 Caracterização das diferentes formações vegetais</a> .....	14
<a href="#">3.1.3. Dados de precipitação</a> .....	16
<a href="#">3.2. Definição dos regimes de chuvas</a> .....	17
<a href="#">3.3. Análise florística dos locais amostrais</a> .....	19
<a href="#">3.4. Análise exploratória dos valores de MAP e MSI e ocorrência das fitofisionomias no gradiente</a> .....	20
<a href="#">3.5. Afiliação entre espécies e variáveis climáticas</a> .....	20
<a href="#">3.5.1. Afiliação às variáveis MAP e MSI de cada espécie</a> .....	21
<a href="#">3.5.2. Valores de afiliação e fitofisionomias</a> .....	21
<a href="#">3.5.3. Escolha de métricas para análise dos valores de afiliação das comunidades</a> .....	21
<a href="#">3.5.4. Análise da relação entre os valores de afiliação a MAP e ao MSI e o gradiente de chuva</a> .....	22
<a href="#">4.Resultados</a> .....	23
<a href="#">4.1 Banco de Dados</a> .....	23
<a href="#">4.1.1 Dados das fitofisionomias</a> .....	23
<a href="#">4.2. Representação dos regimes de chuva dos locais em relação ao Cerrado</a> .....	26
<a href="#">4.4. Variação de afiliação nas comunidades ao longo dos gradientes de precipitação e sazonalidade</a> .....	32
<a href="#">4.4.1. Regressões lineares das métricas de variação a afiliação a precipitação</a> .....	32
<a href="#">4.4.2. Regressões lineares das métricas de variação a afiliação a sazonalidade</a> .....	33

<a href="#">5. Discussão</a> .....	39
<a href="#">6. Conclusão</a> .....	42
<a href="#">7.Referências bibliográficas</a> .....	43
<a href="#">8.Anexo I</a> .....	51

## Resumo

Com o intuito de entender a importância do regime de chuva na resiliência de comunidades vegetais do Cerrado, foram selecionados 90 inventários florísticos florestais, pertencentes a três fitofisionomias distintas do Cerrado (Floresta Estacional Decidual, Cerradão e formações savânicas), e compilados em um banco de dados. Para caracterização do regime de chuva foram utilizadas duas medidas, 1) média dos totais acumulados de chuva anual (MAP); e 2) média do índice de sazonalidade de Markham (MSI). Calculou-se um valor de afiliação das variáveis de MAP e MSI para cada espécie através da média ponderada pelos valores de abundância relativa dos valores de MAP e MSI associados aos locais de ocorrência. Assim cada comunidade ficou caracterizada pelo intervalo de valores de afiliação associados a cada uma das espécies. A quantificação da resiliência de comunidades lenhosas tropicais está relacionada positivamente com a quantidade média de chuva: quanto maiores os totais de chuva, maior a resiliência. No entanto, em teoria, a heterogeneidade (i.e., variabilidade) de fatores abióticos ou bióticos pode modificar a resiliência determinada por valores médios. Neste sentido, considerando o elemento biótico, a amplitude de afiliação das comunidades (i.e., a variação dos valores de afiliação individuais das espécies de cada comunidade) foi interpretada neste trabalho como um fator modificador da resiliência de comunidades lenhosas. Esta amplitude foi quantificada a partir de duas métricas: 1) variação da afiliação entre os valores mais frequentes das comunidades utilizando o intervalo interquartil (IQR, entre o percentil 25 e 50); e 2) variação máxima dos valores de afiliação, calculada a partir da diferença entre os valores máximo e mínimo. Com relação às amplitudes de variação das afiliações ao MAP, as Florestas Estacionais Deciduais (FED) relacionam-se negativamente ao gradiente de MAP ( $R^2 = 0,62$  *p value* < 0,001), ou seja, quanto menores os totais anuais médios de chuva, maior é o aumento (em relação à resiliência quantificada apenas a partir da média) da resiliência proveniente da variação interespecífica das comunidades. Essa relação é consistente tanto para a amplitude de valores mais frequentes quanto para a amplitude total das comunidades. Por outro lado, nas Savanas, a relação é positiva ( $R^2=0,61$ , *p value* < 0,001) também de forma consistente, ou seja, o incremento na resiliência devido à variação interespecífica acompanha o padrão geral de aumento conforme MAP aumenta. Com relação à sazonalidade, nenhuma das fitofisionomias estudadas apresentaram resultados significativos. Tendo em vista as mudanças no regime de chuvas observadas e previstas para o Cerrado, estes resultados indicam que possivelmente haja um complemento positivo na resiliência de FEDs -a um potencial

decréscimo de totais anuais de chuvas e aumento de sazonalidade, respectivamente. Estas diferenças entre formações lenhosas do Cerrado sugerem que estudos futuros incorporem essa heterogeneidade quando a resiliência à seca for quantificada, a fim de melhor representar alterações na configuração de comunidades e ecossistemas neste bioma.

Palavras chave: mudança climática, cerrado, regime de chuva, resiliência,, sazonalidade, comunidades vegetais, savanas, florestas, índices de afiliação

## Abstract

In order to understand the importance of the rainfall regime in the resilience of plant communities in the Cerrado, 90 forest/floristic inventories belonging to three distinct phytophysionomies of the Cerrado were selected (Deciduous Seasonal Forest, Cerradão and Savanic formations), and compiled in a database. Two measurements were used to characterize the rainfall regime, 1) mean of the accumulated annual rainfall totals (MAP); and 2) mean of the Markham seasonality index (MSI). An affiliation value of the MAP and MSI variables for each species was calculated by the weighted average by the relative abundance values of the MAP and MSI values associated with the occurrence sites. Thus each community was characterized by the range of affiliation values associated with each of the species. The breadth of affiliation of the communities was interpreted in this work as a modifier of resilience for woody communities along a MAP gradient. This amplitude was quantified from two metrics: 1) variation of affiliation between the most frequent values of the communities (between the 25th percentile and the 50th percentile); and 2) variation of total affiliation, considering the minimum and maximum values. With regard to the amplitudes of variation of MAP affiliations, the Seasonal Deciduous Forests are negatively related to the MAP gradient ( $R^2 = 0.62$  p value 0.001), which indicates that the higher the MAP, the less the resilience modification. This relationship is consistent both for the amplitude of the most frequent values and for the total amplitude of the communities. On the other hand, in the Savannas, the relationship is positive ( $R^2=0.61$ , p value 0.001) also consistent, that is, there is no change in resilience due to the interspecific variation of the communities. In the Cerradões, the relation changes depending on the metric of the interspecific variation: for the variation of the most frequent values, the relation with the MAP gradient was positive ( $R^2=0.74$ , p value 0.001); whereas, when all the variation is considered, the sign of the relation is inverted, suggesting that there is a change in resilience due to varying membership values. Regarding seasonality, the modification of resilience is observed consistently for the cerradões. In view of the changes in the rainfall regime observed and predicted in the Cerrado, these results indicate that there is a positive complement to the resilience of Feds and Cerradões a potential decrease in total annual rainfall and seasonal increase respectively. These differences between woody formations in the Cerrado suggest that

future studies incorporate this heterogeneity when drought resilience is quantified, to better represent changes in the configuration of communities and ecosystems in this biome.

Keywords: climate change, cerrado, rain regime, resilience,, seasonality, plant communities, savannas, forests, affiliation rates

## 1.Introdução

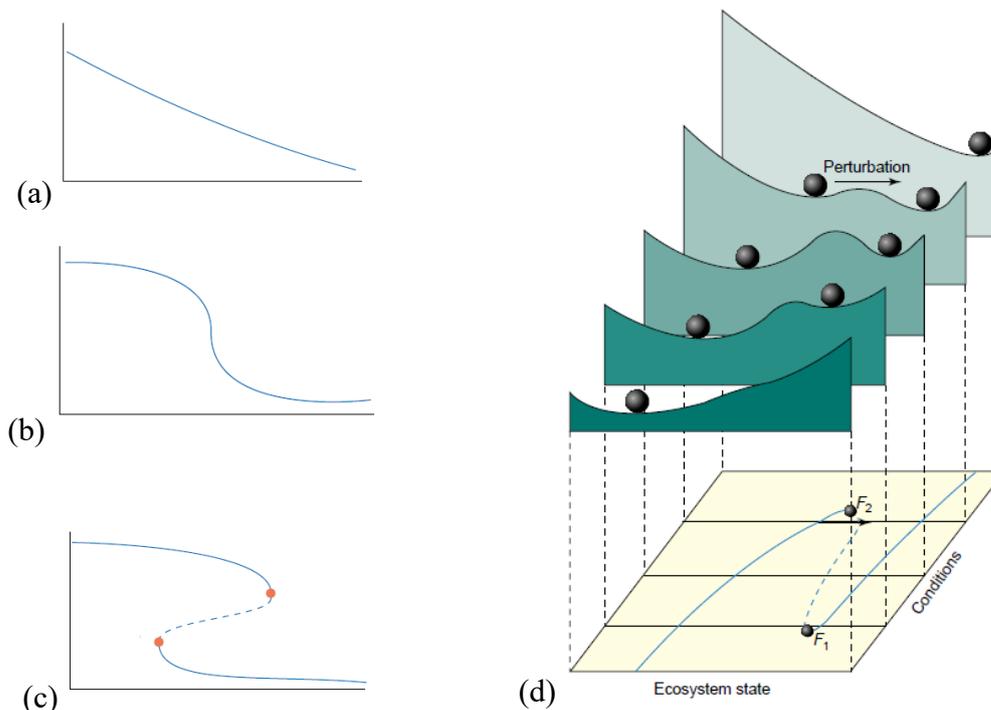
As mudanças no clima são caracterizadas pelo aumento da temperatura de equilíbrio do planeta, causado pelo aumento na emissão de gases de efeito estufa como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), desde o início da era industrial. Como consequência, o aumento da temperatura de equilíbrio implica em um aumento na frequência e na intensidade de eventos climáticos extremos associados à chuva e à temperatura (IPCC 2016). Em grande escala, as previsões sobre alteração de regimes de chuva apontam para que regiões mais secas ficarão ainda mais secas e regiões mais úmidas ficarão ainda mais úmidas (CHOU et al., 2009). Porém em escala local, mesmo não obtendo um consenso sobre quando e quanto esses regimes sofrerão alteração, os modelos apontam para mudanças significativas na quantidade de chuvas médias afetando de 10% a 30% da área de toda a região tropical (CHADWICK et al., 2016). Neste contexto, considerando que para um determinado intervalo da média dos acumulados anuais de chuva (MAP – *mean anual precipitation*) formações vegetais com características ecológicas diferentes podem existir e serem mantidas por processos de retroalimentação internos ao sistema vegetação-clima (HIROTA et al., 2011), futuras mudanças nos regimes de chuva poderão diminuir a resiliência ecológica destes sistemas, e disparar mudanças abruptas de um estado de equilíbrio para outro alternativo (HOLLING, 1973; SCHEFFER & CARPENTER et al 2003; WALKER et al., 2004; IPCC 2016). Como consequência, essas mudanças de configuração poderão acarretar perda de diversidade e funcionalidade, além da alteração de importantes serviços ecossistêmicos.

Sistemas ecológicos ocorrem em diferentes locais e são dependentes de diversos recursos e condições ali presentes. Essas condições são complexas e envolvem uma grande rede interdependente de mecanismos internos de retroalimentação positivos, neutros ou negativos entre fatores abióticos e bióticos gerando um estado de equilíbrio. Cada estado de equilíbrio possui mecanismos intrínsecos que propiciam adaptação e absorção de variações das condições e recursos sem alteração de suas funções e processos internos. Essa adaptabilidade a variações para persistência do estado de equilíbrio é conhecida como resiliência ecológica (HOLLING, 1973; WALKER et al., 2004).

Quando a perda resiliência é tal que o sistema, não mais capaz de persistir diante dos inúmeros distúrbios e perturbações externas, altera sua configuração. Então o sistema ficará oscilando em um novo estado de equilíbrio. A alteração ou mudança de um estado

de equilíbrio pode ocorrer de maneira gradual ou de maneira abrupta. (Figuras 1a, c respectivamente) (HOLLING, 1973; SCHEFFER et al., 2001).

O modelo conceitual das paisagens de estabilidade ilustra os conceitos descritos acima (Figura 1d) (SCHEFFER & CARPENTER 2003). Os vales ou bacias de atração representam regiões em que o sistema permanece em equilíbrio dinâmico, dependendo das perturbações externas – quanto mais profundo o vale, maior deverá ser a perturbação externa para que o sistema seja incapaz de persistir naquele vale. Assim, para determinadas condições, só haverá uma configuração possível, independentemente das perturbações (verdes mais escuro e mais claro, nas extremidades); por outro lado, neste caso hipotético, existem 3 exemplos intermediários mostrando 2 estados de equilíbrio alternativos com diferentes profundidades do vale de atração. A resiliência como capacidade de persistir vai depender, portanto, das características desses vales e de quanto mudanças nas condições podem erodir esses vales, implicando na perda de resiliência. Para que esta mudança de configuração do sistema seja reversível, seria necessário que as condições fossem alteradas a valores próximos do ponto  $F2$ . A dependência de caminho para passar de um estado de equilíbrio a outro e retornar para o estado original é chamada de histerese (SCHEFFER et al., 2001; SCHEFFER & CARPENTER 2003). Muitos exemplos de alterações abruptas na natureza foram documentados indicando a existência de estados alternativos. O mais clássico é o exemplo da dinâmica de eutrofização de lagos. Este processo ocorre em lagos de água cristalina que podem aumentar abruptamente sua turbidez com perda de diversidade biológica. Nesse exemplo, o despejo de nutrientes no lago, como resultado das atividades agrícolas, perturbou o equilíbrio e o sistema foi perdendo resiliência gradualmente até que um limiar foi atingido e a turbidez aumentou rapidamente (SCHEFFER et al 1993; SCHEFFER et al., 2001).



**Figura 1.** (a, b, c) Eixo x representa condições e o eixo y o estado de um sistema. Respostas (a) linear, (b) não linear, e (c) abrupta ou catastrófica de um dado sistema a determinadas condições. Note que entre os pontos vermelhos  $F_1$  e  $F_2$  o sistema pode permanecer em ambos os estados nas mesmas condições. (d) Paisagens de estabilidade como modelo conceitual da relação entre a dinâmica catastrófica e a resiliência de um determinado sistema. Fonte: SCHEFFER & CARPENTER, 2003.

No caso de ecossistemas, a principal causa da transição de um ecossistema, seja contínua ou catastrófica é a perda da resiliência ecológica (HOLLING, 1973). Entre as principais causas dessa perda estão as atividades antropogênicas que acarretam intensa degradação ambiental como poluição, desmatamento, conversão de uso da terra, invasão de espécies exóticas e emissão de gases de efeito estufa (FOLKE et al., 2004). Essas atividades afetam os ecossistemas em diversas escalas, desde indivíduos a populações e comunidades (WALKER et al., 2004). Para exemplificar como esse mecanismo afeta as diferentes escalas, imagine a diminuição da abundância de uma espécie como resultado de alguma das perturbações citadas acima. Isso ocasiona a diminuição da população, mudança na composição da comunidade, e impacto direto nas funções ecológicas importantes que são realizadas por atributos presentes nessa espécie que teve redução de abundância (FOLKE et al., 2004; GARNIER et al., 2004; OLIVER et al., 2015).

Evidências demonstram que no Cerrado a presença de formações florestais e savânicas constituem estados alternativos mantidos por processos de retroalimentação envolvendo a presença de perturbações, como o fogo (HOFFMANN et al., 2012; DANTAS, 2015). Com 2 milhões de km<sup>2</sup> de área, o bioma Cerrado ocupa 21% do território brasileiro e é o segundo maior bioma em território nacional (SANO et al., 2010). Situado em sua maioria no planalto central brasileiro está inserido em diferentes proporções em 10 estados brasileiros sendo a maioria nos estados de Goiás e Tocantins, e possui uma amplitude latitudinal de 22,4° e elevação de até 1800 metros acima do mar (Figura 2) (SANO et al., 2010).

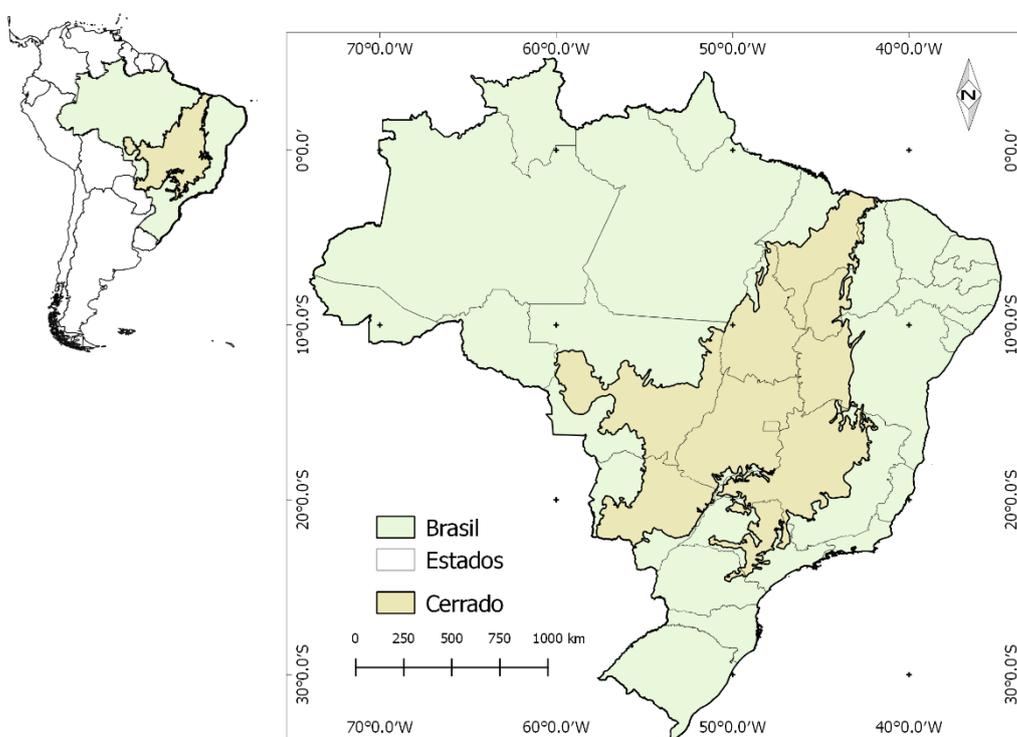


Figura 2. Mapa do bioma Cerrado

O Cerrado expressa grande biodiversidade, com mais de 6.000 espécies de plantas catalogadas e mais de 4.800 espécimes endêmicas (MENDONÇA et al., 1998; STRASSBURG et al., 2017). Foi apontado como um “hot spot” para conservação da biodiversidade mundial devido ao alto grau de endemismo (MYERS et al., 2000).

Uma grande amplitude de variáveis ambientais atuam modelando as paisagens vegetais ali ocorrentes compondo um mosaico de diferentes formações vegetais (Figura 3), envolvendo formações com características savânicas e florestais (RIBEIRO; WALTER,

1998; BUSTAMANTE et al., 2012). Os determinantes das várias fisionomias vegetais desse bioma são uma complexa interação de características do solo e topografia, regimes de fogo, disponibilidade de água e o clima (OLIVEIRA-FILHO et al., 1998; RATTER; BRIDGEWATER; RIBEIRO, 2003; BUENO et al., 2018a).

As formações florestais abrangem as matas ciliares, matas de galeria, matas secas e cerradões) e as formações savânicas e campestres abrangem o cerrados sentido restrito, campos sujos, campos limpos e parques de cerrado (RIBEIRO; WALTER, 1998; BUENO et al., 2018b) (Figura 3). A ausência de queimadas, maior fertilidade e menor toxicidade do solo propiciam o desenvolvimento de formações florestais, enquanto que, solos mais pobres e mais tóxicos (devido a presença de Alumínio) propiciam o estabelecimento das formações savânicas, com espécies tolerantes a tais condições. Um mecanismo importante que afeta a resiliência ecológica dessas formações presentes no cerrado é a “*fire trap*” (armadilha de fogo) (OLIVEIRA-FILHO et al., 1998; OLIVEIRA-FILHO, A.T. & RATTER, 2002; HOFFMANN et al., 2012; BUENO et al., 2018a). Neste processo, as gramíneas se estabelecem e se desenvolvem rapidamente durante a estação chuvosa nas formações savânicas. No período seco, a biomassa produzida acima do solo seca e se transforma em material combustível. Uma vez que esse material se incendia, espécies de árvores e arbustos em idade juvenil e de recrutamento, presentes nestas formações não são ainda resistentes ao fogo e morrem recomeçando o ciclo, dependente, porém de um próximo episódio de queimada. Quando o próximo evento de queimada deixa de ocorrer, as espécies de árvores podem se desenvolver até adquirir a resistência ao fogo. A medida que estes indivíduos se desenvolvem eles inibem o crescimento das gramíneas em decorrência do sombreamento, diminuindo o impacto das queimadas. Portanto a frequência das queimadas é um fator muito importante para a resiliência dessas formações tanto as savânicas como as florestais (OLIVEIRA-FILHO, A.T. & RATTER, 2002; HOFFMANN et al., 2012; BUENO et al., 2018b).



**Figura 3** Ilustração representativa dos tipos de formações vegetais presentes no bioma Cerrado

Essas fisionomias realizam importantes serviços ecossistêmicos através de ciclos da água, carbono, nitrogênio e fósforo, com as diferentes comunidades apresentando estratégias diferentes de sobrevivência na utilização de água no solo (OLIVEIRA et al., 2005; BUSTAMENTE et al., 2012; FRANCO et al., 2014). Estas estratégias abrangem espécies com adaptações morfológicas para sobrevivência em condições de falta de água como a perda de folhas em épocas de déficit hídrico (maior evapotranspiração do que acumulado de precipitação) e espécies com estruturas morfológicas para resistência a períodos sem acesso a água (xilopódios) (SARMIENTO; GOLDSTEIN; MEINZER, 1985; KLINK; MACHADO, 2005).

Atualmente o cerrado apresenta perda e transformação de cobertura original vegetal representando 48% de seu território (STRASSBURG et al., 2017). No ano de 2019, mais de 400.000 hectares foram desmatados com uma assombrosa taxa de 33,3 hectares diários de velocidade (MAPBIOMAS., 2020). No cerrado apenas 3% de sua área se encontra sob proteção permanente e por lei apenas 20% da área de cada propriedade se é exigido preservação da cobertura original (FRANÇOSO et al., 2015). Conforme observado em projeções, a alteração de cobertura vegetal tanto no cerrado como na Amazônia, podem, através de efeito combinatório, alterar a duração da estação seca em ambas as regiões (MALHADO; PIRES; COSTA, 2010; SPERA et al., 2016). Essa transformação de cobertura vegetal afeta processos que resultam em diminuição de precipitação por um lado e por outro lado o aumento de variabilidade de precipitação, através da redução da evapotranspiração efetuado pelas coberturas originais (SPERA et al., 2016). Mais amplamente, essa alteração no regime de chuvas pode apresentar aumento da vulnerabilidade dessas formações pelo aumento da ocorrência de secas mais extremas, e

por consequência, aumentar a probabilidade da ocorrência, e da frequência e duração de incêndios comuns ao bioma (HIROTA et al., 2010; BUSTAMANTE et al., 2012). Em escala temporal relativamente curta, esses eventos podem resultar em alteração dos limites da distribuição dessas diferentes comunidades vegetais no bioma, sendo que cada formação possui diferentes composições e diversidade de espécies (OLIVEIRA-FILHO et al., 1998; HIROTA et al., 2010).

Diversidade de espécies e composição de comunidades, juntamente com a diversidade dos atributos funcionais, contribuem para a resiliência ecológica de comunidades vegetais de maneira direta, além de atuar nos fluxos de carbono, água e nitrogênio resultando em influência direta na atmosfera (FOLKE et al., 2004; GARNIER et al., 2004; OLIVER et al., 2015; ANDEREGG et al., 2018; BARROS et al., 2019). Sabe-se que florestas tendem a determinar suas composições de espécies através de filtros ambientais que possuem escala local, regional e temporal, sendo o processo de seleção contínuo. Um destes filtros é o regime de precipitação que pode ser definido pelos acumulados anuais de precipitação e a sazonalidade ao longo do ano (variabilidade) e que participam do processo seletivo de composição de comunidades em florestas tropicais (BUTT et al., 2008). Essas florestas também reorganizam suas composições à medida que esses filtros exercerem suas pressões, alterando a composição de comunidades continuamente através de efeitos populacionais relacionados a recrutamento, sobrevivência e mortalidade. Na floresta amazônica foi revelado que comunidades que ocorrem em locais mais úmidos (maiores acumulados de precipitação e menores déficits hídricos) possuem mais espécies do que as comunidades que ocorrem em locais mais secos (maior déficit hídrico e menores acumulados de precipitação), demonstrando um padrão aninhado de distribuição (locais mais secos são constituídos por subamostras dos locais mais úmidos) (ESQUIVEL-MUELBERT et al., 2016). O regime de precipitação exerce papel também na seleção de espécies nas comunidades com atributos funcionais mais adaptados as condições ambientais, e podem regular as características de composição de comunidades, como por exemplo, o aumento de espécies decíduas (perdem as folhas em períodos secos) em comunidades que antes possuíam espécies com pouca ou nenhuma deciduidade (FAUSET et al., 2012). Em florestas temperadas e boreais, há evidência de que a diversidade de atributos hidráulicos (relacionados a utilização de água pela planta) tem papel importante na mitigação dos efeitos da variação de fluxos hídricos entre solo e atmosfera nos períodos secos, promovendo maior resiliência desse ecossistema a períodos

secos (ANDEREGG et al., 2018). Evidências demonstram que em florestas tropicais atributos funcionais relacionados a condução de água em árvores durante períodos secos diminuem a diferença de respostas entre locais mais secos e mais úmidos na floresta amazônica sugerindo importante papel na resiliência ecológica dessas comunidades (BARROS et al., 2019). Estes fatos indicam que a resiliência ecológica de comunidades vegetais, está relacionada ao conjunto de adaptações de cada espécie que compõem diferentes comunidades, de persistir e permanecer parte daquele ambiente. De fato a formação dessas comunidades mais resilientes a períodos secos em alguns tipos de cobertura vegetal esta ligado ao efeito dos regimes de precipitação ao longo do tempo nessas comunidades (CIEMER et al., 2019). Enquanto que bem documentados os efeitos dos distúrbios relacionados a alteração do regime de precipitação na resiliência das florestas úmidas e suas comunidades, no cerrado em escala regional e local estes estudos ainda são poucos, uma vez que esse bioma sofre forte pressão antrópica (ALLEN et al., 2017; FRANCO et al 2014).

Portanto a pergunta que surge é sobre o papel do regime de precipitação (acumulados totais e variabilidade) na estruturação dessas comunidades de diferentes tipos no cerrado e, portanto, na resiliência dessas comunidades, e se caso haja influência, como essas comunidades poderão resistir as alterações climáticas projetadas para o futuro. Nossa hipótese é de que formações florestais são mais afetadas pelos regimes de precipitação e, teriam sua resiliência diminuída frente as mudanças climáticas futuras, diferentemente das formações savânicas.

## **2. Objetivos gerais**

Este trabalho teve como geral objetivo inferir a relevância da variação interespecífica das comunidades no cômputo da resiliência à seca de comunidades lenhosas do Cerrado. Para tanto, utilizou-se um proxy de desempenho ecológico (afiliação) de cada espécie para acessar a composição de valores dentro da comunidade e, portanto, atribuir uma medida de variação deste proxy nos locais estudados ao longo de um gradiente de totais acumulados de chuva (MAP).

### **2.1. Objetivo específico**

- 1) Inferir a importância do MAP (um dos aspectos do regime de precipitação) na resiliência com relação à variação interespecífica de comunidades lenhosas do Cerrado;
- 2) Inferir a importância da sazonalidade (outro aspecto do regime de precipitação) na resiliência com relação à variação interespecífica de comunidades lenhosas do Cerrado.

### 3. Materiais e Métodos

Este trabalho foi realizado em três etapas:

- 1- Compilação de um banco de dados baseado em inventários florísticos e conjunto de dados de chuva contendo:
  - espécies lenhosas com porte arbóreo e arbustivas de formações savânicas e florestais dentro do conceito do bioma Cerrado (figura 3) e suas abundâncias;
  - Coordenadas geográficas;
  - Variáveis que caracterizam o regime de chuvas dos locais amostrados.
- 2- Aplicação de um índice de afiliação que permite associar as espécies encontradas com as variáveis do regime de chuva.
- 3- Análises da variação nas comunidades, do índice gerado ao longo do gradiente de chuva para inferência do possível impacto na resiliência dessas comunidades frente a alterações climáticas.

#### 3.1. Dados utilizados

##### 3.1.1 Caracterização das diferentes formações vegetais

Como o intuito do estudo é entender como a resiliência das comunidades vegetais do Cerrado com porte arbóreo-arbustivo vão se comportar frente a alterações de precipitação, as fitofisionomias selecionadas foram o cerrado sentido restrito, cerrado rupestre, cerrado típico e campo sujo, o cerradão e as matas secas (vide Figura 3) uma vez que o regime de precipitação influencia, mesmo que de forma diferente, suas dinâmicas. As matas de galeria e ciliares foram excluídas por apresentarem um maior grau de independência de precipitação devido ao maior acesso à água associado a uma menor profundidade do lençol freático (OLIVEIRA-FILHO, A.T. & RATTER, 2002).

A caracterização de cada fitofisionomia deveria estar presente no estudo utilizado bem como qual orientação para essa definição devido a variedade de nomenclatura dessas fisionomias (RIBEIRO; WALTER, 1998). Após essa definição para a inclusão dos dados, os estudos deveriam apresentar também os seguintes requisitos:

- Utilização da metodologia de amostragem de parcelamento de área por método quadrado, seguindo orientação de FELFILI; CARVALHO; HAIDAR, (2005);

- Posição abaixo de 1700 metros de altitude para evitar quaisquer influências de altimetria;
- Seleção apenas de espécies lenhosas de porte arbustivo e arbóreo, excluindo epífitas, lianas e herbáceas,
- Fornecimento da abundância de indivíduos de cada espécie no local estudado para o cálculo de abundância relativa dado por:

$$\text{Abundância relativa da espécie} = \frac{\text{total de indivíduos da espécie}}{\text{total de indivíduos de todas as espécies}} \times 100;$$

- Apresentação das coordenadas geográficas de latitude e longitude;
- Apresentação do nome científico das espécies estudadas passadas por processos de identificação por especialistas ou pesquisadores experientes;
- Apresentação no formato de teses, dissertações, artigos publicados em revistas científicas e publicações em anais de congressos.

A busca por estudos de interesse para o banco de dados foi realizada pela *Internet* através de ferramentas de buscas de pesquisa científica de amplo alcance. Utilizaram-se como palavras-chave para busca os termos *inventário florestal*, *inventário florístico*, *análise fitossociológica* e *fitofisionomia* em associação com termos como, *cerrado*, *savanas*, *cerrado stricto sensu*, *florestas decíduas*, *semidecíduas*, e *cerradão*. Foi utilizado também a referência bibliográfica de artigos que apresentavam banco de dados com inventários que cumpriam os critérios para inclusão neste estudo. Os sites onde foram encontrados estudos que atendiam os pré-requisitos para inserção no banco de dados foram os seguintes:

- [www.webofknowledge.com](http://www.webofknowledge.com) (Web of Science)
- <https://scholar.google.com.br/> (Google Acadêmico)
- <http://bdt.d.ibict.br/vufind/> (Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações)
- <http://repositorio.unb.br/> (Repositório institucional da Universidade Federal de Brasília)
- <http://repositorio.unicamp.br/> (Repositório da Produção Científica e Intelectual da Unicamp- Universidade Estadual de Campinas)
- [http://www.bbt.ufv.br/?page\\_id=157](http://www.bbt.ufv.br/?page_id=157) (Repositório Institucional da Universidade Federal de Viçosa )

- <https://www.teses.usp.br/> (Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da Universidade de São Paulo)
- <https://repositorio.ufla.br> (Repositório da Universidade Federal de Lavras)

Cada estudo (artigo, tese, etc.) gerou uma ou mais planilhas, e cada planilha um inventário florístico de uma área. As planilhas foram revisadas utilizando o Excel® para averiguação e correção de possíveis erros relacionados aos dados como nomes científicos e valores dos parâmetros fitossociológicos. A revisão e correção da nomenclatura botânica foi enviada em forma de lista para o site: <http://tnrs.iplantcollaborative.org/TNRSapp.html>. Esta plataforma utiliza para conferência das listas de espécies enviadas importantes bancos de dados como <http://www.tropicos.org/> e <http://www.theplantlist.org/> que estão em conformidade com centros de identificação abaixo:

- <https://www.missouribotanicalgarden.org/> (Jardim botânico de Missouri USA)
- <https://www.kew.org/> (Royal botanical Gardens RU)
- <https://www.rbge.org.uk/> (Royal botanic Garden of Edinburg RU)

Em muitos casos, também foi utilizado o site de identificação de nomenclatura do Jardim Botânico do Rio de Janeiro:

<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/ConsultaPublicaUC/ConsultaPublicaUC.do#CondicaoTaxonCP>

### 3.1.3. Dados de precipitação

O conjunto de dados precipitação utilizado foi o do *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS)* (FUNK et al., 2015), com resolução espacial de 0.05° (~5,5 km x 5,5 km) e resolução temporal mensal para o período de 1981 a 2018. CHIRP(S) é um algoritmo de ponderação de distância inversa modificado. Quando a densidade de estações meteorológicas é baixa e as estações próximas não são correlacionadas, o algoritmo CHIRP é utilizado realizando interpolações de valores baseados em dados de estações e dados de satélite gerando um valor o ponto no grade. Esse valor CHIRP é utilizado então para definir se os pontos de grade são correlacionados. Quando estes valores possuem boa correlação, um vetor de erro ( $b$ ) é calculado entre as cinco estações mais próximas como mostra a equação abaixo:

$$b_{1,\dots,5} = \frac{(S_{1,\dots,5} + \varepsilon)}{(C_{1,\dots,5} + \varepsilon)}$$

em que:

$b$  = vetor elemento dos cinco erros estimados

$S$  = vetor elemento das 5 estações observadas

$C$  = vetor elemento dos 5 valores do CHIRP

Com o valor de  $b$ , uma média ponderada é calculada e ajustada utilizando a correlação esperada com a estação mais próxima ( $R_{NS}$ ) e correlação esperada dos valores dos dados CHIRP\* ( $R_{CHIRP}$ ) seguindo a fórmula abaixo:

$$\alpha = \frac{R_{CHIRP}}{(R_{CHIRP} + R_{NS})}$$

O valor de  $\alpha$  é utilizado para o cálculo do valor final CHIRPS combinando dados sem ajustes e os ajustados através da fórmula:

$$CHIRPS = \alpha CHIRP + (1 + \alpha)b CHIRP$$

As vantagens da utilização desse conjunto de dados quando comparadas a outros conjuntos como o CRU (*Climate Reaserach Unit*) (HARRIS et al., 2014) e WorldClim (HIJMANS et al., 2005) são os dados utilizados para os cálculos de interpolação e a resolução espacial. O CRU possui resolução de 0,5° enquanto que o CHIRPS de 0,05° (30,25 e 30,25 km<sup>2</sup> de área respectivamente) e Worldclim de 1 km<sup>2</sup>. Apesar do Worldclim possuir resolução mais fina, ambos CRU e WorldClim utilizam somente dados de estações meteorológicas, sendo desvantajoso para estipular valores onde há escassez ou ausência dessas estações, enquanto que o CHIRPS utiliza dados provenientes de satélites para auxiliar na produção desses pontos oferecendo maior precisão de valores. A limitação, porém, do CHIRPS é que dados de satélites foram produzidos recentemente limitando, portanto, o poder de análise para 30 anos enquanto que CRU e WorldClim compila dados de no mínimo 50 anos. Como neste trabalho, busca-se uma acurácia maior dos valores de chuva em resolução espacial mais fina possível, optou-se por usar o conjunto de dados do CHIRPS.

### 3.2. Definição dos regimes de chuvas

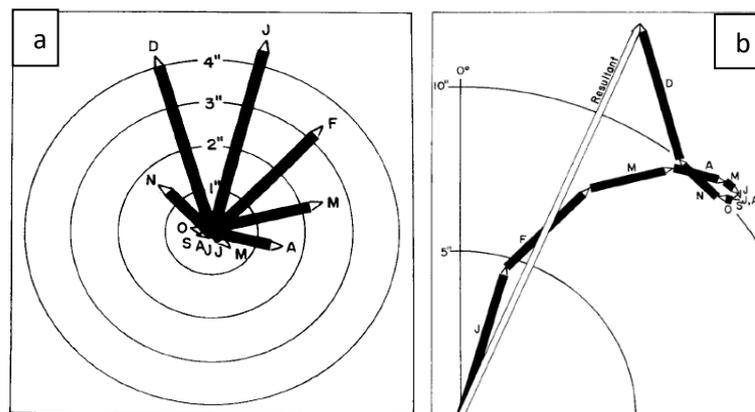
Em geral, a caracterização de regimes de precipitação compreende os valores médios de chuva dos totais acumulados no ano e as variações em torno da média, causados por diferentes sistemas meteorológicos e padrões de variabilidade climática. Por exemplo, as variações intra-anuais (i.e., que ocorrem dentro do ano) podem ser causadas por sistemas sazonais de chuva e, portanto, vão determinar duração e intensidade de estações secas e chuvosas. Neste sentido, o bioma Cerrado caracteriza-se a partir de uma estação seca bem

definida, com diferentes durações e intensidades ao longo de sua vasta extensão. Existem ainda padrões de variabilidade relacionados a variações inter-anuais (variações nos totais anuais entre anos causadas, por exemplo, por eventos de *El Niño*), inter-decenais e inter-seculares, que caracterizam variações nos totais de chuvas entre anos, entre décadas e entre séculos. Como este estudo foca na implicação dos regimes de precipitação na resiliência das formações vegetais e suas comunidades arbóreo-arbustivas no Cerrado, o regime de precipitação foi caracterizado pela quantificação apenas dos totais anuais e da sazonalidade, partindo da premissa de que estes valores climáticos, dentre outros fatores ambientais, são os mais abrangentes para a seleção das espécies em determinados locais. Assim, abaixo, seguem as métricas utilizadas para cada uma das características que definem o regime de chuvas.

### **3.2.1 Média de precipitação anual (MAP) e índice de sazonalidade de Markham (MSI)**

Foram realizados os cálculos para obtenção da média dos totais acumulados de chuva anual (MAP, sigla em inglês) nos dados desde Janeiro de 1981 até Dezembro de 2018, ou seja, compilando mais de 30 anos de dados utilizando o R Core Team 3.4.1 .

Para caracterizar a sazonalidade utilizou-se como base (MARKHAM, 1970), em que os valores dos índices de sazonalidade são obtidos através de soma vetorial de 12 vetores, representando os 12 meses do ano. Para cada vetor, a magnitude define a quantidade de chuva para cada mês do ano, e a direção definida a cada 30°. Este ângulo é definido a partir da divisão do círculo trigonométrico (360°) em 12 meses (Figura 4a). Os doze vetores são somados e a magnitude do vetor resultante é a medida de sazonalidade da precipitação. A direção resultante representa o mês ou o período de concentração sazonal (Figura 4b).



**Figura 4** (a) vetores mensais mostrando magnitude e direção, (b) somavetorial resultante, ambas as figuras mostrando valores referentes a cidade norte americana de São Francisco fonte: Markhan (1970)

O resultado da razão entre a magnitude da resultante dos meses e o total de chuva médio anual fornece o índice de sazonalidade anual. No presente trabalho foi calculada uma média deste índice de sazonalidade utilizando os dados desde Janeiro de 1981 até 2018. Após gerado os valores de MAP e MSI para todo o Cerrado, foram extraídos os valores de MAP e MSI para os locais amostrados completando o banco de dados. Ao final, o banco de dados apresentaria dados da composição e abundância de cada espécie em cada área selecionada em conjunto com os valores de MAP e MSI de suas ocorrências.

### 3.3. Análise florística dos locais amostrais

Uma vez montado o banco de dados, foi feito as matrizes de ocorrência de espécies das três fitofisionomias. Foram realizadas análises exploratórias visando o melhor entendimento da composição de espécies das comunidades e para isso foi feito uma análise de caracterização de esforço amostral e riqueza entre as fitofisionomias estudadas realizando uma curva de rarefação e, posteriormente uma análise de similaridade através do método de Ward, gerando um dendrograma, para observação da similaridade florística entre os locais amostrais.

### 3.3.1 Curvas de rarefação

Para melhor estimar a riqueza foi realizada uma curva de rarefação. O objetivo da rarefação é melhor quantificar e comparar taxas de diversidades encontradas nos diferentes locais amostrados através da utilização de técnicas que integram a riqueza de espécies, abundância relativa dessas espécies em complemento a análise de esforço amostral. Para esta análise foi utilizando o pacote do R *iNEXT* (CHAO et al, 2015), através da função *iNEXT*.

### 3.4. Análise exploratória dos valores de MAP e MSI e ocorrência das fitofisionomias no gradiente.

Para averiguação da representatividade dos pontos amostrais, foi realizado uma comparação entre os valores de MAP e MSI do bioma Cerrado e das áreas amostrais. Para essa comparação foi realizado o teste de *Wilcoxon*.

Foi feito também uma contagem da ocorrência das fitofisionomias nas faixas de precipitação e sazonalidade.

Após realizada as análises exploratórias das matrizes de ocorrência de espécies e dos valores de MAP e MSI das áreas estudadas, iniciou-se a metodologia para responder aos objetivos específicos 1 e 2.

### 3.5. Afiliação entre espécies e variáveis climáticas

O valor de afiliação foi calculado utilizando a abundância relativa das espécies encontradas nos inventários florísticos (fórmulas 1 e 2), indicando a afiliação da espécie a uma determinada condição de MAP e MSI. Ao final cada espécie possui um valor de afiliação. A tradução biológica da afiliação utilizada neste estudo é a de um *proxy* (medida aproximativa) de desempenho ecológico, onde a afiliação a determinado valor de MAP ou MSI, indica que a espécie exibe nestes valores, taxa de sobrevivência regulares através da sua abundância, e por consequência expressão de seus atributos funcionais (GARNIER et al., 2004; CHEN et al., 2009; ESQUIVEL-MUELBERT et al., 2016), O intuito dessa medida de afiliação é, utilizar esses valores de afiliação, para analisar como comunidades vegetais são compostas, i.e., por uma grande ou pequena variação de espécies com valores de afiliação distintos.

### 3.5.1. Afiliação às variáveis MAP e MSI de cada espécie

Os valores de afiliação ao MAP e MSI foram calculados para cada uma das espécies. O cálculo foi feito baseado em ESQUIVEL-MUELBERT ET AL (2016), da seguinte forma:

(1)

$$A_{MAP} = \frac{\sum_n R_a \cdot MAP}{\sum_n R_a};$$

(2)

$$A_{MSI} = \frac{\sum_n R_a \cdot MSI}{\sum_n R_a}$$

com:

$A_{MAP}$ ;  $A_{MSI}$  = índice de afiliação à MAP e ao MSI para cada espécie;

$R_a$  = Abundância relativa da espécie em cada local de ocorrência;

$\sum_1^n R_a$  = somatória dos valores de abundância relativa dos locais de ocorrência da espécie.

$n$  = número de locais onde a espécie ocorre

### 3.5.2. Valores de afiliação e fitofisionomias

As comunidades foram separadas por tipo de fitosionomia: Florestas Estacionais Deciduais (FED); Cerradões e Savanas (formações savânicas). Primariamente analisou-se como as fitofisionomias são compostas em termos de suas afiliações e posteriormente, qual é a importância das afiliações das espécies para a resiliência dessas comunidades.

Importante ressaltar que a variação dos valores de afiliação (MAP e MSI) que são encontrados em cada comunidade (de cada espécie), é entendido como, a variação das afiliações da comunidade. Portanto a afiliação, no presente estudo, tem como base cada espécies, porém é analisada através da expressão de seus valores em cada comunidade permitindo análise de sua resiliência.

### 3.5.3. Escolha de métricas para análise dos valores de afiliação das comunidades

Para melhor compreender as variações dos valores de afiliação em cada comunidade, foi utilizada a dispersão ou a variação dos índices nas comunidades que foi computada utilizando-se o intervalo interquartil, definido pela diferença entre os valores do 3º quartil (75% dos dados) com os do 1º quartil (25% dos dados) e também os valores máximos e mínimos encontrados chamados de intervalos bruto pelo fato de conter todos os valores de afiliação encontrados em cada local.

#### **3.5.4. Análise da relação entre os valores de afiliação a MAP e ao MSI e o gradiente de chuva.**

As variações das afiliações a MAP e ao MSI foram observadas sob perspectivas diferentes. Na primeira análise foi feita uma inspeção visual através de um gráfico tipo *boxplot* demonstrando as afiliações a MAP e ao MSI em cada área estudada separada por fitofisionomia. Para as três análises seguintes foram realizadas: regressões lineares entre os intervalos interquartis; regressões lineares das medianas; e regressões lineares do intervalo bruto das afiliações a MAP e ao MSI de cada área em função do gradiente de chuva.

Para analisar a relação entre as variáveis que caracterizam o regime de chuvas e as variáveis que definem a afiliação das comunidades foram realizadas regressões lineares a partir da função *lm* (R Core Team 2017) do software R 3.4.1 CoreTeam.

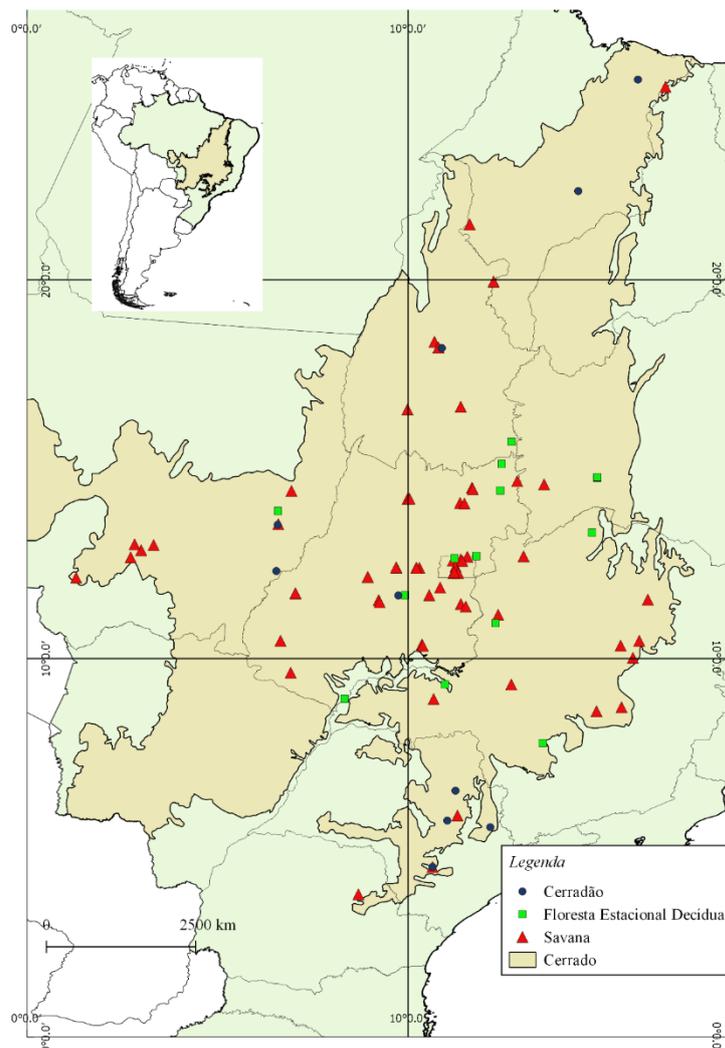
Para verificar a consistência das regressões, realizou-se um teste de correlação de Kendall não paramétrico para os mesmos dados.

## 4. Resultados

### 4.1 Banco de Dados

#### 4.1.1 Dados das fitofisionomias

O banco de dados compilado para este trabalho possui 90 locais amostrais dentro do bioma Cerrado (Anexo I), representando parte das fitofisionomias que compõe o bioma Cerrado (Figura 5) (Tabela 1).



**Figura 5.** Mapa indicando a localização geográfica e fitofisionomia dos locais amostrais presentes neste estudo dentro do bioma Cerrado.

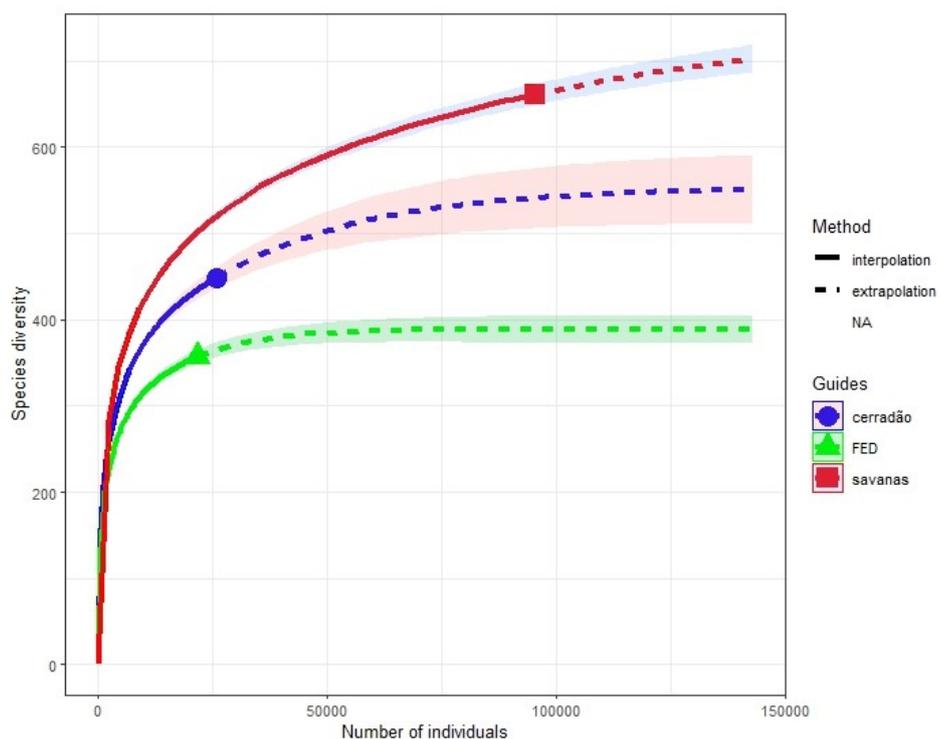
Tabela 1. Riqueza de espécies nas diferentes fitofisionomias do Cerrado.

Fitofisionomias	N	Riqueza total	% Unicas
Savanas (Cerrado sentido restrito, rupestre, denso, típico, campo sujo)	66	661	60% (398)
Cerradão	10	357	49% (175)
Florestas estacionais decíduais	14	449	67% (303)

A riqueza de espécies em Savanas foi maior do que nas outras fisionomias estudadas. Em todos os ambientes o número de unicas foi elevado, sendo maior em Florestas Estacionais Decíduais (67%), seguido por Savanas (60%) e Cerradões (49%).

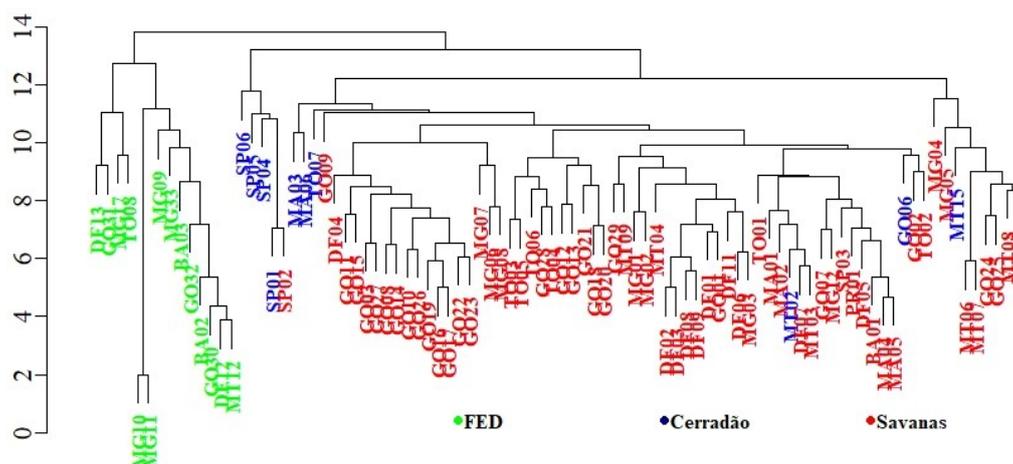
### Curvas de rarefação

O resultado da rarefação demonstrou que as savanas são mais diversas que os cerradões e FED. Na curva de rarefação/extrapolação (Figura 6) isso pode ser observado através da presença das assíntotas (platôs nas curvas). Na rarefação diversidade não atinge a assíntota, indicando que espécies, ou uma maior diversidade de espécies nestas fitofisionomias não estão presentes neste estudo, limitando uma análise abrangente sobre todo o bioma. Porém este trabalho propõe a análise de como as espécies de comunidades estabelecem suas afiliações e como o bioma estabelece suas afiliações, tornando as amostras oportunas para realização deste trabalho. Porém quando é feita a extrapolação dos dados (projeção) percebe-se que nos cerradões e FED a assíntota é atingida indicando a divergência de diversidade com relação as savanas onde a assíntota não é atingida. Isso vem de acordo com a literatura encontrada evidenciando o cerrado como muito biodiverso e o alto grau de endemismo em formações savânicas (MENDONÇA et al., 1998; MYERS et al., 2000; RATTER; BRIDGEWATER; RIBEIRO, 2003).



**Figura 6.** Curva de rarefação realizada entre as fitofisionomias estudadas

Para melhor compreensão e caracterização da flora das diferentes fitofisionomias das áreas de estudo, foi realizado um dendrograma utilizando o método de Ward para verificação da similaridade florística entre as três fitofisionomias.



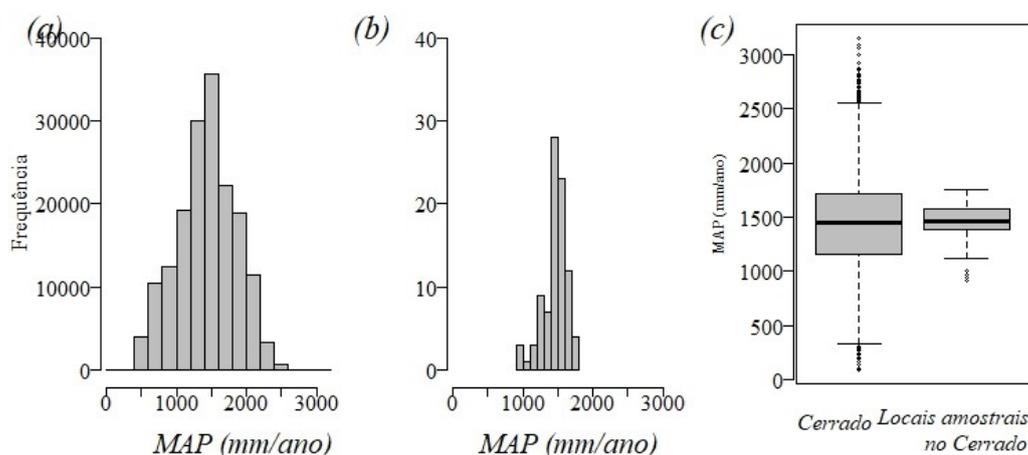
**Figura 7.** Dendrograma com locais amostrais demonstrando similaridade florística entre os locais.

O dendrograma revelou que há uma clara separação na composição florística das fitofisionomias (Figura 7). As Florestas Estacionais Deciduais formaram um grupo totalmente distinto. Os Cerradões também se agruparam distinguindo-se das Savanas, com exceção de algumas comunidades de Cerradão que têm composição florística mais semelhantes a de formações savânicas.

#### 4.2. Representação dos regimes de chuva dos locais em relação ao Cerrado

Para averiguar se as variáveis climáticas dos locais amostrais eram representativas do Cerrado, foram comparados os valores de MAP encontrados em toda a extensão do bioma com os valores encontrados nos locais amostrais deste estudo (figura 8 a e b). Posteriormente, foi realizado um teste de Wilcoxon para comparar estatisticamente se a precipitação nos locais de estudo são representativos e equivalem a precipitação ocorrida no bioma Cerrado. Obteve-se valor de *p value* = 0,56, isto é, a precipitação nas áreas de estudo representa a amplitude de variação que ocorre em todo o Cerrado

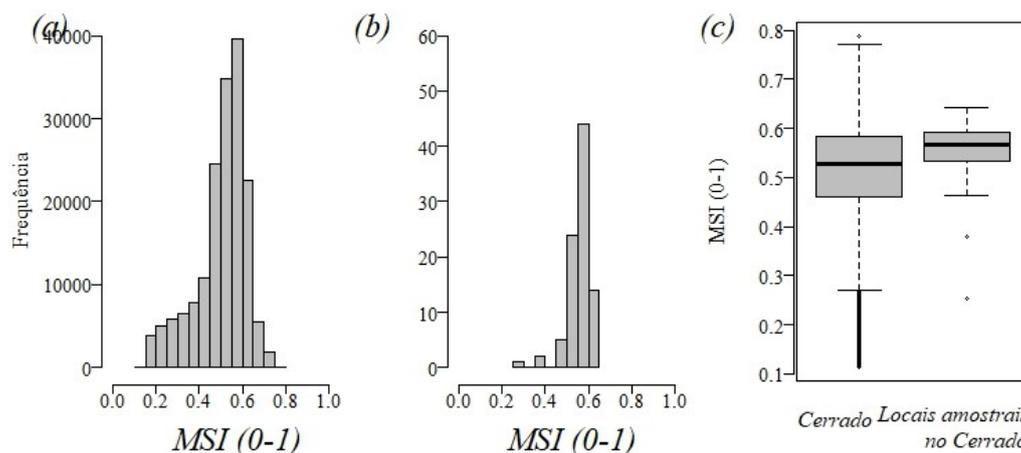
No bioma todo o intervalo interquartil é de 557 mm/ano e a mediana é de 1450 mm/ano (Figura 8 c Cerrado). Já nos locais amostrais, o intervalo interquartil é de 188 mm/ano e mediana é de 1465 mm/ano (Figura 8 c), indicando que os locais selecionados abrangem a amplitude de precipitação que ocorre no bioma Cerrado.



**Figura 8.** (a) Distribuição dos valores de MAP para todo o bioma Cerrado. (b) Distribuição de valores de MAP nos locais amostrais. (c) Comparação da amplitude de MAP no bioma Cerrado e nas áreas de estudo (n=90).

## MSI

De modo semelhante à precipitação, foi realizado uma averiguação da representatividade da sazonalidade dos pontos amostrais em relação a sazonalidade do bioma. O teste de Wilcoxon *p value* < 0,001, indicou que a sazonalidade nas áreas deste estudo difere da amplitude de sazonalidade verificada no Cerrado como um todo (Figura 9 a e b). No bioma, o valor da mediana foi de 0.52 e intervalo interquartil de 0.12 (Figura 9c). Nos locais amostrais, a mediana foi de 0.56 e intervalos interquartil de 0,06 (Figura9c).



**Figura 9.** (a) Distribuição dos valores de MAP para todo o bioma Cerrado. (b) Distribuição de valores de MAP nos locais amostrais. (c) Comparação da amplitude de MAP no bioma Cerrado e nas áreas de estudo (n=90).

#### 4.3. Regime de precipitação dos pontos amostrais por fitofisionomia:

A maior ocorrência de MAP nas fitofisionomias foi na faixa de 1400-1600 mm/ano em Florestas Estacionais Deciduais (57,1%) e nos Cerradões (70%), enquanto que a maior ocorrência de savanas foi entre 1400-1700 mm/ano (70,6%) (Tabela 2).

As Florestas Estacionais Deciduais ocorreram entre 0,5 e 0,66 de MSI (100%). Os Cerradões ocorreram em sua maioria na faixa de 0,5 a 0,6 de MSI (60%), e as savanas, tiveram maior ocorrência na faixa de 0,50 a 0,60 (78,7%) (Tabela 3):

Tabela 2. Caracterização da distribuição dos pontos amostrais no gradiente de precipitação.

MAP (mm/ano)	FED		Cerradão		Savanas	
	N	%	N	%	N	%
900-1000	3	21,7	0	0	0	0
1000-1100	0	0	0		1	1,5
1100-1200	0	0	1	10	2	3
1200-1300	1	7,1	1	10	7	10,6
1300-1400	1	7,1	0		6	9
1400-1500	5	35,7	3	30	20	30,3
1500-1600	3	21,4	4	40	16	24,2
1600-1700	1	7,1	0		11	16,1
1700-1800			1	10	3	4,5
<b>N total</b>	<b>14</b>	<b>100</b>	<b>10</b>	<b>100</b>	<b>66</b>	<b>100</b>

Tabela 3. Caracterização da distribuição dos pontos amostrais no gradiente de sazonalidade.

MSI (0-1)	FED		Cerradão		Savana	
	N	%	N	%	N	%
0,25-0,30	0	0	0	0	1	1,5
0,30-0,35	0	0	0	0	0	0
0,35-0,40	0	0	1	10	1	1,5
0,40-0,45	0	0	0	0	0	0
0,45-0,50	0	0	2	20	3	4,5
0,50-0,55	3	21,4	3	30	19	28,7
0,55-0,60	8	57	3	30	33	50
0,61-0,66	3	21,4	1	10	9	13,6
<b>N total</b>	<b>14</b>	<b>100</b>	<b>10</b>	<b>100</b>	<b>66</b>	<b>100</b>

Neste estudo, a mediana da precipitação nas áreas de Florestas Estacionais Deciduais foi de 1443 mm/ano e intervalo interquartil de 294mm/ano. Nos Cerradões a mediana da

precipitação foi de 1481mm/ano e o intervalo interquartil de 128 mm/ano. Nas formações savânicas a mediana da precipitação foi de 1484 mm/ano e o intervalo interquartil de 241 mm/ano (Figura 10 a). A mediana da sazonalidade em Florestas Estacionais Deciduais foi de 0,52 e o intervalo interquartil 0,05, nos Cerradões a mediana de sazonalidade foi de 0,53 e intervalo interquartil de 0,1, e em formações savânicas o valor da mediana foi 0,56 e do intervalo interquartil de 0,06 (Figura 10 b). As fitofisionomias ocorrem nos mesmos valores de MSI. Há variações das ocorrências com relação ao MAP, porém a maioria ocorre na mesma faixa, o que demonstra que para as três fitofisionomias os valores de MAP e MSI não são fatores limitantes para ocorrência.

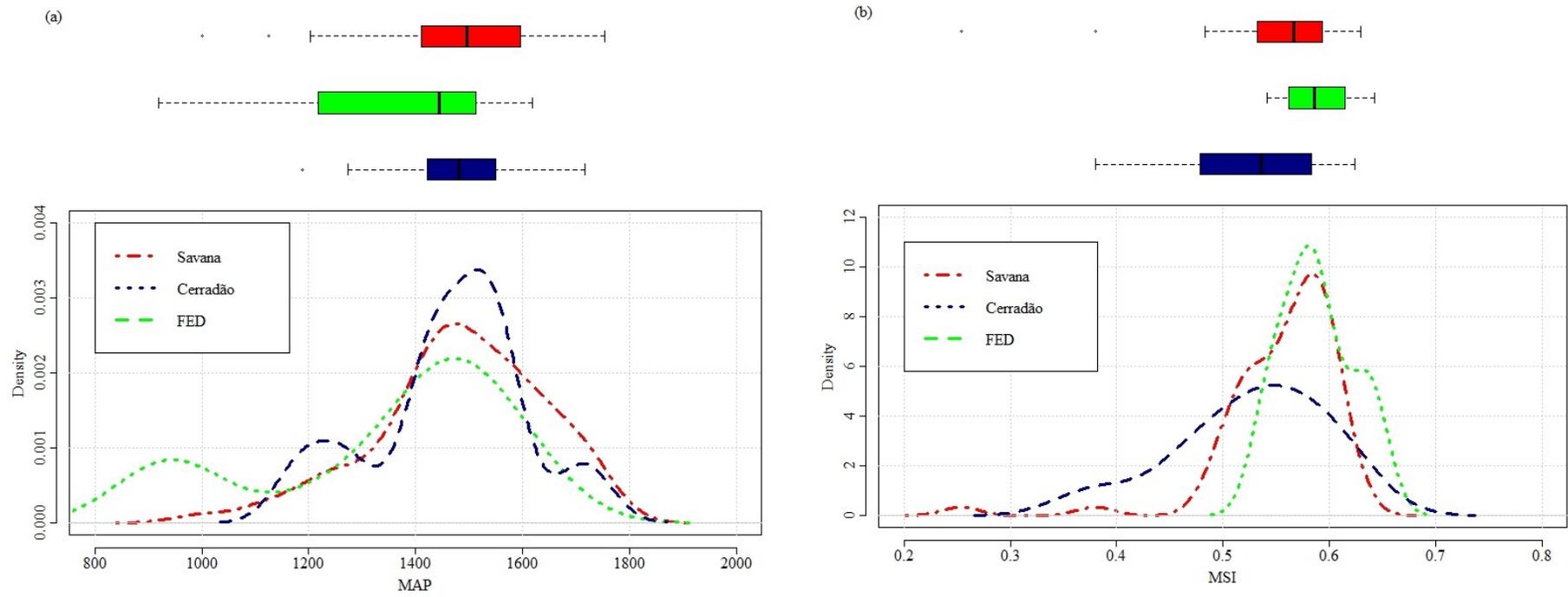


Figura 10. Distribuição de fitofisionomias ao longo do gradiente de MAP. (a) Distribuição dos valores de MAP. (b) Distribuição dos valores de MSI.

#### **4.4. Variação de afiliação nas comunidades ao longo dos gradientes de precipitação e sazonalidade.**

Através da análise dos *boxplots*, observamos que em Florestas Estacionais Decíduas as afiliações à MAP variam mais nos locais mais secos (MAP entre 919 e 1406) quando comparado a variação nas afiliações dos locais mais úmidos (MAP acima de 1406mm/ano) (Figura 11 a). Isso pode ser facilmente percebido pela observação do tamanho dos *boxplots*, onde houve uma clara distinção da amplitude de afiliação acima de 1406mm/ano que se traduz na resiliência dessas comunidades. Já nos Cerradões, tanto as áreas mais secas como as mais úmidas, possuem afiliações a MAP semelhantes, no entanto na faixa intermediária de MAP (entre 1421 a 1549 mm/ano) observa-se menor amplitude da afiliação a MAP (Figura 11 c).

Nas Savanas cabe destacar que, os alguns poucos locais mais secos (MAP entre 1001 a 1273 mm/ano) demonstraram maior amplitude de afiliação à MAP quando comparadas aos demais pontos amostrados (Figura 11 e). Porém, na maioria das Savanas estudadas a afiliação a MAP apresentou pouca diferença.

Com relação as afiliações a MSI pode-se perceber através de análise dos *boxplots* que, nas Florestas Estacionais Deciduais os locais mais úmidos (MAP entre 1449 e 1569mm/ano) a amplitude de afiliação a MSI foi semelhante do que o observado nos locais mais secos com afiliações atingindo valores maiores (MAP entre 919 e 1417 mm/ano) (Figura 11 b). Os Cerradões apresentaram nos locais mais secos (MAP entre 1187 a 1449mm/ano) maior amplitude de afiliação a MSI do que nas áreas mais úmidas (MAP entre 1512 a 1716 mm/ano)(Figura 11 d). Diferentemente do que ocorreu nas duas formações florestais descritas acima (FED e Cerradão), nas Savanas a amplitude de afiliação a MSI se manteve com pouca variação ao longo de todo o gradiente de chuva (Figura 11; 12 f).

##### **4.4.1. Regressões lineares das métricas de variação a afiliação a precipitação**

Nas Florestas Estacionais Deciduais a precipitação teve um efeito negativo no intervalo interquartil de afiliação a precipitação ( $R^2$  ajustado = 0,62 e  $p$  value < 0,001), isto é, nos locais mais secos o intervalo interquartil de afiliação a MAP tem maior amplitude. Os Cerradões e as Savanas não tiveram relações significativas da precipitação com o intervalo interquartil de afiliação a MAP.

Com relação a variação do intervalo bruto de afiliação (diferença entre máximo e mínimo de afiliação à MAP), não houve influência significativa da precipitação nesta variável (Figura 12c e 12d).

#### **4.4.2. Regressões lineares das métricas de variação a afiliação a sazonalidade**

O intervalo interquartil de afiliação à MSI nas FED não apresentou uma relação significativa com o gradiente de chuva. As Savanas tiveram relação negativa entre o intervalo interquartil de afiliação a MSI e a precipitação ( $R^2$  ajustado = 0,03,  $p$  value < 0,05). Não foi verificada relação significativa entre as variáveis para os Cerradões (Figura 12 b).

E por fim, a relação entre a precipitação e o intervalo bruto de afiliação às MSI se mostrou significativa apenas na fitofisionomia de Savana ( $R^2$  ajustado = 0,04,  $p$  value < 0,05). Nas demais fitofisionomias não houve relação significativa entre as variáveis (Figura 12 c e d).

Após as análises de regressão foi também realizadas correlações de Kendall não-paramétrico. Esta análise visa verificar se uma correlação não paramétrica, corrobora os resultados obtidos nas regressões lineares paramétricas.

Os testes de correlação de Kendall para as afiliações a MAP corroboraram os resultados obtidos nas regressões lineares no que diz respeito a natureza da relação (positiva ou negativa). As correlações de Kendall para as afiliações à MSI também corroboraram as regressões lineares, com exceção da correlação entre intervalo interquartil e MAP em Florestas Estacionais Deciduais (Tabela 5).

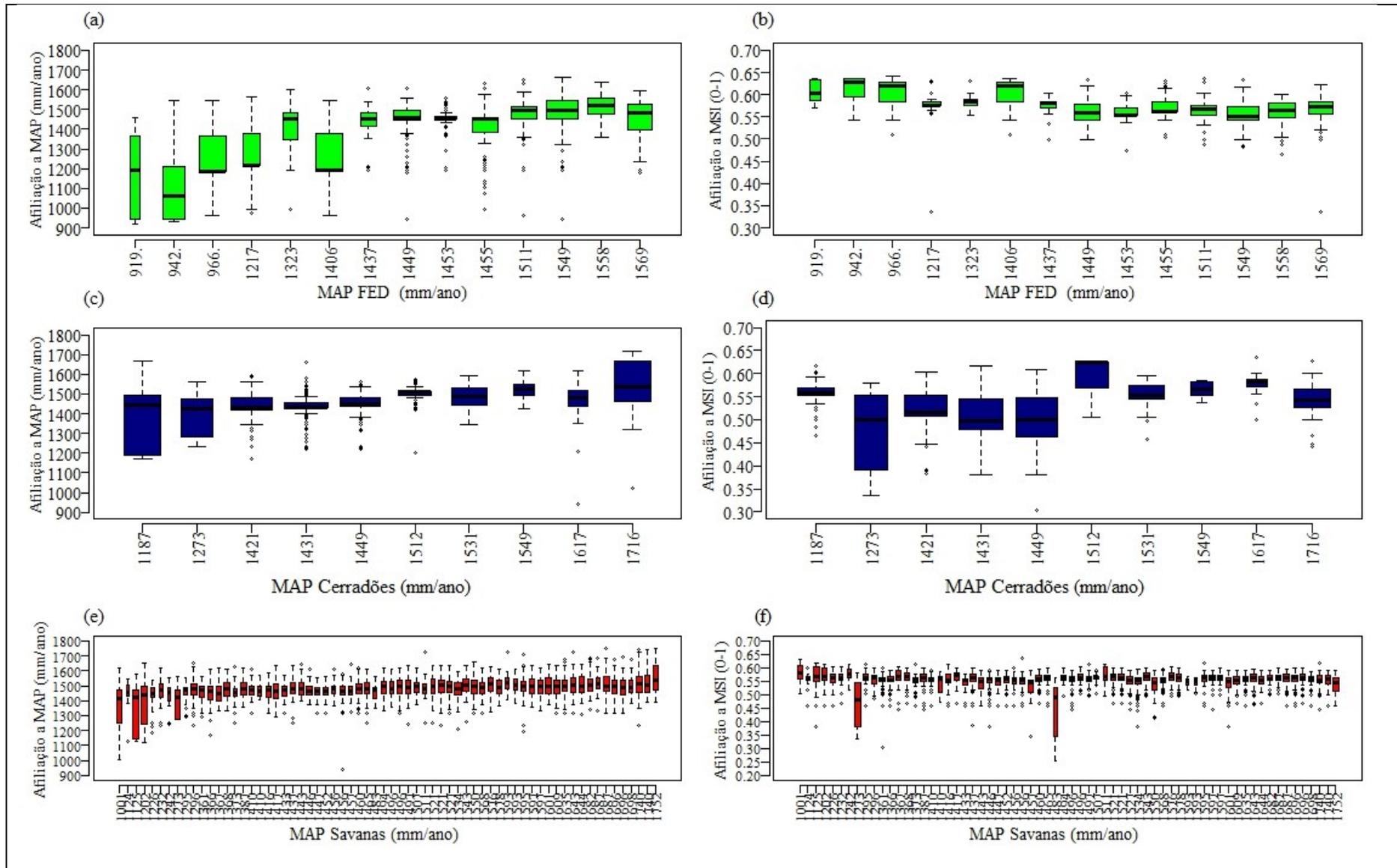


Figura 10. Análises de variação de afiliação à MAP e MSI nas três fitofisionomias. Lado direito, *Boxplots* a, c e e demonstram a variação da afiliação à MAP ao longo do gradiente de MAP nas diferentes fitofisionomias . Lado esquerdo *Boxplots* b, d e f demonstram afiliação a MSI nas diferentes fitofisionomias. Em verde FED, em azul cerradões e em vermelho formações savânicas.

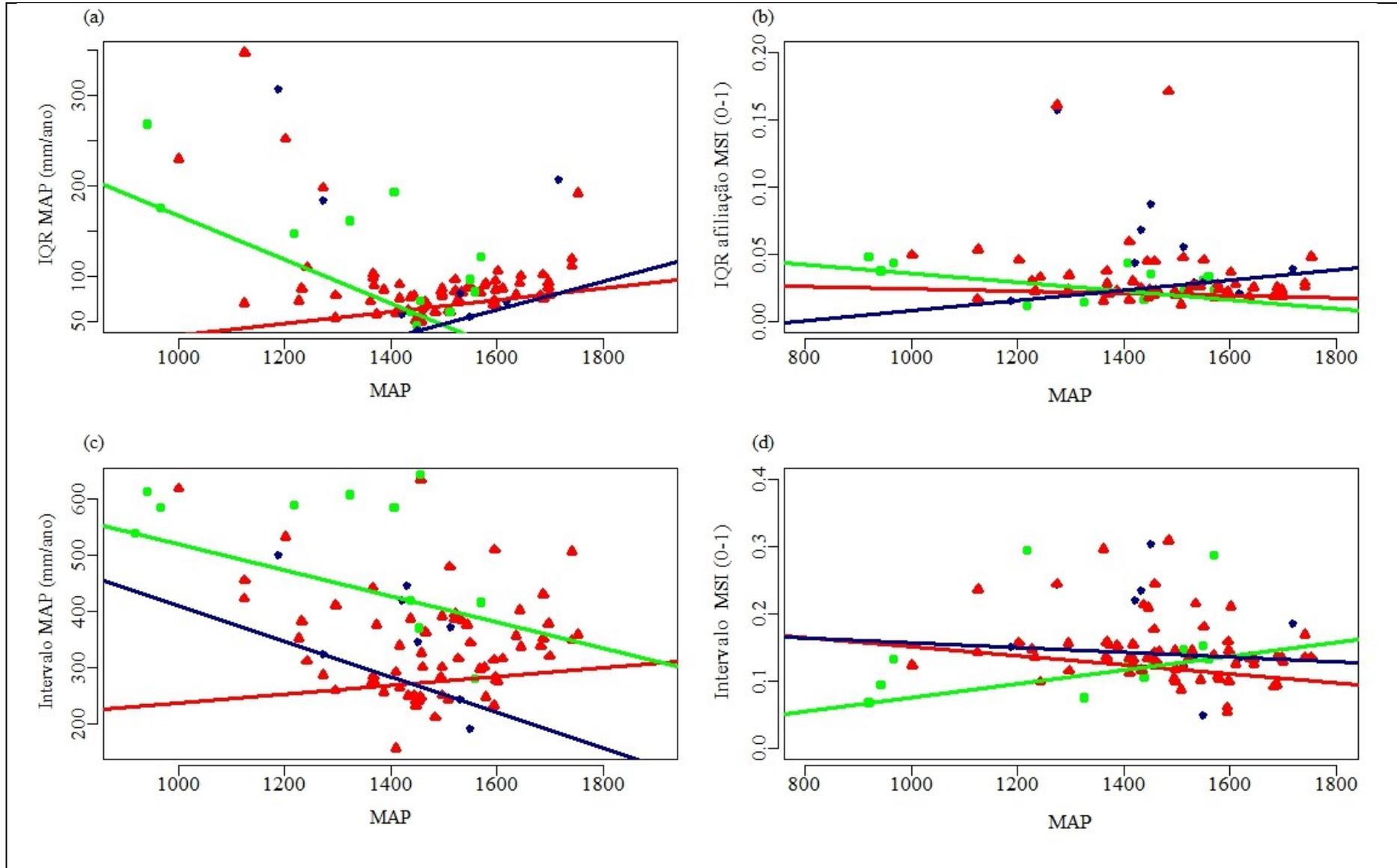


Figura 11. (a) Regressões lineares dos Intervalos interquartis de afiliação a MAP nas três fitofisionomias estudadas em função do MAP (gradiente de precipitação) (b) Regressões lineares dos Intervalos interquartis de afiliação a MSI em função do MAP (gradiente de precipitação), (c) Regressões lineares dos Intervalos brutos (diferença entre máximo e mínimo de afiliação a MAP) de afiliação a MAP nas três fitofisionomias estudadas em função do MAP (gradiente de precipitação) (d) intervalo bruto de afiliação a MSI (diferença entre máximo e mínimo de afiliação a MSI) em função de MAP. Todas as retas representam regressões lineares. Em verde FED, em azul cerradões e em vermelho formações savânicas.

Tabela 4 Valores de correlação de Kendall  $\tau$  não paramétrico entre afiliação à precipitação e MAP. (\**p value* > 0,05)

	Intervalo interquartil			Intervalo bruto		
	FED	Cerradões	Savanas	FED	Cerradões	Savanas
Kendall $\tau$	-0,43*	-0,07	0,16	0,021	0,022	0,043

Tabela 5 Valores de correlação de Kendall  $\tau$  não paramétrico entre afiliação à MSI. (\**p value* > 0,05)

	Intervalo interquartil			Intervalo bruto		
	FED	Cerradões	Savanas	FED	Cerradões	Savanas
Kendall $\tau$	-0,08	-0,3	-0,128	0,45*	-0,28	-0,175*

## 5. Discussão

Este trabalho teve como geral objetivo inferir a relevância da variação interespecífica das comunidades no cômputo da resiliência à seca de comunidades lenhosas do Cerrado. Para tanto, utilizou-se um proxy de desempenho ecológico (afiliação) de cada espécie para acessar a composição de valores dentro da comunidade e, portanto, atribuir uma medida de variação deste proxy nos locais estudados ao longo de um gradiente de totais acumulados de chuva (MAP).

Com relação ao primeiro dos objetivos, que visava elucidar a importância do MAP para a resiliência das fitofisionomias estudadas, observou-se que, nas Florestas Estacionais Deciduais, as áreas mais secas (entre 919 e 1406 mm/ano) apresentaram maior amplitude de valores de afiliação a MAP do que em locais mais úmidos (entre 1437 e 1569 mm/ano). Para esta formação, observou-se que locais mais secos possuem maior amplitude de valores de afiliação a MAP. Comunidades desenvolvidas em locais mais secos apresentaram através de maior amplitude, maior tolerância a períodos de seca através da presença de espécies com afiliação a valores de precipitação baixos (entre 900 a 1200 mm/ano). A existência de espécies arbóreas capazes de manter suas taxas de sobrevivência, mesmo em condições de maior variabilidade de parte do regime de chuva, pode permitir, potencialmente, que esta fitofisionomia mantenha seu estado de equilíbrio da vegetação, caso os totais anuais diminuam no futuro. Este resultado está de acordo com outros estudos que mostraram uma maior variação de atributos de resistência à seca em florestas embebidas em um regime de chuvas mais sazonal (BARROS et al., 2019), e um aumento de resiliência de florestas em regiões embebidas em regimes de chuva com maior variabilidade interanual (CIEMER et al., 2019). De maneira geral, espécies de Florestas Estacional Decidual conseguem ser mais eficientes no aproveitamento da água do solo, devido principalmente a condições microclimáticas mais favoráveis conferindo maior disponibilidade de água ao longo do ano (OLIVEIRA et al., 2005; ROSSATTO et al., 2013). A perda das folhas, típica desta formação também é um fator auxiliador contra o estresse hídrico (LENZA; KLINK, 2006).

Nas Savanas (formações savânicas), a variação da afiliação a MAP é praticamente constante ao longo de todo o gradiente de MAP. Este resultado indica que a variação interespecífica não altera a resiliência à seca nestas comunidades. Sabe-se que, a frequência de queimadas tem o efeito de “aprisionar” formações savânicas neste estado de equilíbrio, impedindo o estabelecimento de espécies que eventualmente possam

umentar a continuidade do dossel e diminuir a presença de gramíneas (HOFFMANN et al., 2012; DANTAS et al., 2016). Outro fator até mais importante que o fogo são as condições edáficas onde ocorrem essas formações. Geralmente os solos são distróficos e bem drenados, o que impede a retenção de água; além de conterem alta taxa de alumínio, o que requer especialização para que essas espécies que ocorrem nessas formações possam sobreviver (OLIVEIRA-FILHO, A.T. & RATTER, 2002; HARIDASAN, 2008). Por fim, nos Cerradões, o mecanismo de aumento da resiliência devido à variação interespecífica de afiliação à seca não é consistente entre as métricas de amplitude. Apenas quando a amplitude de todas as afiliações é considerada observa-se que existe uma compensação na resiliência.

Para responder ao segundo objetivo da importância da variação do MSI na resiliência de fitofisionomias do Cerrado, observou-se que apenas os Cerradões possuem um potencial aumento na resiliência devido à variação interespecífica das comunidades.

O fato das formações savânicas estudadas não apresentarem variação de afiliação ao MSI em áreas mais ou menos secas, por um lado demonstra que, as adaptações das espécies às condições ambientais locais permitirem o desenvolvimento e a seleção de linhagens de plantas, ao longo do tempo. Uma das razões é o fato de uma parte dessas comunidades serem comunidades oligárquicas, isto é, apesar do alto número de unicatas, como demonstrado neste estudo, somente algumas espécies são dominantes. Este padrão de ocorrência de espécies está associado a presença de diversos fatores, principalmente ligados as condições ambientais locais como por exemplo: fertilidade do solo, o fogo e a proximidade de outros biomas (CASTRO, 1994; OLIVEIRA-FILHO, A.T. & RATTER, 2002; RATTER; BRIDGEWATER; RIBEIRO, 2003).

A presença de unicatas nas diferentes fitofisionomias pode representar, para os locais onde ocorrem, um importante aspecto no que diz respeito a absorção de impactos resultante de mudanças nos regimes de precipitação. A manutenção de mecanismos de retroalimentação responsáveis pela resiliência de cada comunidade é afetada pela quantidade de atributos funcionais existentes ali, promovendo maior resiliência em locais com maior diversidades de tais atributos (OLIVER et al., 2015; SAKSCHEWSKI et al., 2016).

A análise da similaridade florística entre as fitofisionomias estudadas, revelou que as Florestas Estacionais Deciduais formam um grupo florístico distinto. Os Cerradões e Savanas são mais próximos floristicamente, mas também apresentam diferenças

relevantes na sua composição. Este resultado reforça que, a separação dos 90 pontos amostrais nas três fitofisionomias escolhidas nesse estudo para realização das análises subsequentes, corresponde a diferenças reais na composição, e conseqüentemente na estruturação das comunidades vegetais. A ocorrência de Florestas Estacionais Deciduais não é restrita ao bioma Cerrado como os Cerradões e algumas formações savânicas. Elas ocorrem também no bioma Mata Atlântica e na Caatinga, o que explica a diferenciação florística encontrada neste estudo e está de acordo com outros autores (BUENO et al., 2018a; DEXTER et al., 2018). As semelhanças florísticas entre as Savanas e os Cerradões, provavelmente se devem aos seguintes fatores: ambas as fitofisionomias são típicas do Cerrado e, portanto, têm o solo como fator condicionante (BUENO et al., 2018a); além disso, foram incluídas neste estudo somente espécies lenhosas de porte arbustivo arbóreo. Considerando a alta diversidade de espécies herbáceas presentes nas Savanas e que não foram consideradas neste trabalho, o critério de seleção favoreceu uma maior similaridade entre as duas fitofisionomias.

A maioria das ocorrências das fitofisionomias abrangeram uma faixa de precipitação que varia entre 1400 a 1700 mm/ano. Essa faixa de precipitação dos locais de estudo abrange também uma porção da faixa apontada como precursora de estados de equilíbrio alternativos de formações vegetais para o bioma (HIROTA et al., 2011; STAVER; ARCHIBALD; LEVIN, 2011). O fato das três fitofisionomias com espécies lenhosas ocorrerem aproximadamente dentro do mesmo intervalo de precipitação pode ser visto como um indício de que a determinação de quais fitofisionomias possuem maior resiliência e representam o estado de equilíbrio genérico de floresta dependa da interação de diferentes variáveis, e neste caso, a importância relativa de cada variável ambiental na resiliência da comunidade varie de um local para outro. De toda forma, pelos resultados obtidos neste estudo, nota-se que as fitofisionomias são sensíveis a um gradiente de totais de chuvas e sazonalidade, sendo importante verificar em futuras investigações de que maneira elas interagem, por exemplo, com variáveis edáficas na determinação da resiliência

## 6. Conclusão

Mudanças atuais e projeções futuras de mudanças nos regimes de chuva têm o potencial de alterar a cobertura vegetal de todo o planeta. Portanto entender como manter a resiliência ecológica dessas comunidades e prever quais tipos de impactos essas mudanças vão causar são importantes para a manutenção da biodiversidade responsável por serviços ecossistêmicos que sustentam a todos os seres.

Particularmente, o aumento da duração da estação seca e a diminuição nos totais de chuvas oferece um grande risco as espécies e comunidades vegetais e animais de todos o planeta. Neste contexto, os resultados deste trabalho sugerem que diferentes comunidades de lenhosas possuem desempenho ecológico diferenciado com relação ao regime de chuva, aqui caracterizado por MAP e MSI. No caso de uma diminuição nos totais anuais, as Florestas Estacionais Deciduais devem persistir como formação lenhosa com dossel fechado sazonalmente, não só porque as comunidades de FEDs existem em valores menores dos totais anuais, mas também devido a um potencial aumento da resiliência causado pela variação interespecífica de desempenho com relação à média de chuva. Já para um aumento da duração da estação seca, os Cerradões podem ter potencialmente um aumento na resiliência devido às variações interespecíficas.

Estes resultados corroboram conclusões de outros estudos, mas ainda não conseguem explicar os processos e interações que podem efetivamente aumentar a resiliência. Por isso, é fundamental buscar tais explicações em trabalhos futuros e, a partir disso, propor modelos mais realistas que incluam a heterogeneidade do extrato arbóreo no cômputo da resiliência de potenciais mudanças nas configurações de comunidades e ecossistemas no futuro.

## 7. Referências bibliográficas

ALLEN, K.; DUPUY, J. M.; GEI, M. G.; HULSHOF, C.; MEDVIGY, D.; PIZANO, C.; SALGADO-NEGRET, B.; SMITH, C. M.; TRIERWEILER, A.; VAN BLOEM, S. J.; WARING, B. G.; XU, X.; POWERS, J. S. Will seasonally dry tropical forests be sensitive or resistant to future changes in rainfall regimes? **Environmental Research Letters**, v. 12, n. 2, 3 fev. 2017.

ANDEREGG, W. R. L.; KONINGS, A. G.; TRUGMAN, A. T.; YU, K.; BOWLING, D. R.; GABBITAS, R.; KARP, D. S.; PACALA, S.; SPERRY, J. S.; SULMAN, B. N.; ZENES, N. Hydraulic diversity of forests regulates ecosystem resilience during drought. **Nature**, v. 561, n. 7724, p. 538–541, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1038/s41586-018-0539-7>>.

AZEVEDO, T. R. de; ROSA, M. R.; SHIMBO, J. Z.; MARTIN, E. V.; OLIVEIRA, M. G. de. Relatório Anual do Desmatamento no Brasil Relatório Anual do Desmatamento no Brasil. **Mapbiomas**, p. 49, 2020. Disponível em: <<https://s3.amazonaws.com/alerta.mapbiomas.org/relatorios/MBI-relatorio-desmatamento-2019-FINAL5.pdf>>.

BARROS, F. de V.; BITTENCOURT, P. R. L.; BRUM, M.; RESTREPO-COUBE, N.; PEREIRA, L.; TEODORO, G. S.; SALESKA, S. R.; BORMA, L. S.; CHRISTOFFERSEN, B. O.; PENHA, D.; ALVES, L. F.; LIMA, A. J. N.; CARNEIRO, V. M. C.; GENTINE, P.; LEE, J. E.; ARAGÃO, L. E. O. C.; IVANOV, V.; LEAL, L. S. M.; ARAUJO, A. C.; OLIVEIRA, R. S. Hydraulic traits explain differential responses of Amazonian forests to the 2015 El Niño-induced drought. **New Phytologist**, v. 223, n. 3, p. 1253–1266, 2019.

BUENO, M.; DEXTER, K. G.; PENNINGTON, R. T.; V., P.; D., N. M.; RATTER, J. A.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Journal of Ecology. **Journal of Ecology**, v. 106(5), p. 2109– 2120., 2018a.

BUENO, M. L.; DEXTER, K. G.; PENNINGTON, R. T.; PONTARA, V.; NEVES, D. M.; RATTER, J. A.; DE OLIVEIRA-FILHO, A. T. The environmental triangle of the Cerrado Domain: Ecological factors driving shifts in tree species composition between forests and savannas. **Journal of Ecology**, v. 106, n. 5, p. 2109–2120, 1 set. 2018b.

BUSTAMANTE, M.; NARDOTO, G.; PINTO, A.; RESENDE, J.; TAKAHASHI, F.; VIEIRA, L. Potential impacts of climate change on biogeochemical functioning of Cerrado ecosystems. **Brazilian Journal of Biology**, v. 72, n. 3 suppl, p. 655–671, 2012.

BUTT, N.; MALHI, Y.; PHILLIPS, O.; NEW, M. Floristic and functional affiliations of woody plants with climate in western Amazonia. p. 939–950, 2008.

CASTRO, A. A. J. F. **Comparação florístico-geográfica (Brasil) e fitossociológica (Piauí-São Paulo) de amostras de Cerrado**. 1994. 1994.

CHADWICK, R.; GOOD, P.; MARTIN, G.; ROWELL, D. P. Large rainfall changes consistently projected over substantial areas of tropical land. **Nature Climate Change**, v. 6, n. 2, p. 177–181, 2016.

CHEN, I. C.; SHIU, H. J.; BENEDICK, S.; HOLLOWAY, J. D.; CHEY, V. K.; BARLOW, H. S.; HILL, J. K.; THOMAS, C. D. Elevation increases in moth assemblages over 42 years on a tropical mountain. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 106, n. 5, p. 1479–1483, 2009.

CHOU, C.; NEELIN, J. D.; CHEN, C. A.; TU, J. Y. Evaluating the “rich-get-richer” mechanism in tropical precipitation change under global warming. **Journal of Climate**, v. 22, n. 8, p. 1982–2005, 2009.

CIEMER, C.; BOERS, N.; HIROTA, M.; KURTHS, J.; MÜLLER-HANSEN, F.; OLIVEIRA, R. S.; WINKELMANN, R. Higher resilience to climatic disturbances in tropical vegetation exposed to more variable rainfall. **Nature Geoscience**, v. 12, n. 3, p. 174–179, 2019.

DANTAS, D. L. Disturbance maintains alternative biome states. v. 5, 2015.

DANTAS, V. de L.; HIROTA, M.; OLIVEIRA, R. S.; PAUSAS, J. G. Disturbance maintains alternative biome states. **Ecology Letters**, v. 19, n. 1, p. 12–19, 1 jan. 2016.

DEXTER, K. G.; PENNINGTON, R. T.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; BUENO, M. L.; SILVA DE MIRANDA, P. L.; NEVES, D. M. Inserting Tropical Dry Forests Into the Discussion on Biome Transitions in the Tropics. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 6, 24 jul. 2018. Disponível em:

<<https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fevo.2018.00104/full>>.

ESQUIVEL-MUELBERT, A.; BAKER, T. R.; DEXTER, K. G.; LEWIS, S. L.; TER STEEGE, H.; LOPEZ-GONZALEZ, G.; MONTEAGUDO MENDOZA, A.; BRIENEN, R.; FELDPAUSCH, T. R.; PITMAN, N.; ALONSO, A.; VAN DER HEIJDEN, G.; PEÑA-CLAROS, M.; AHUITE, M.; ALEXIAIDES, M.; ÁLVAREZ DÁVILA, E.; ARAUJO MURAKAMI, A.; ARROYO, L.; AULESTIA, M.; BALSLEV, H.; BARROSO, J.; BOOT, R.; CANO, A.; CHAMA MOSCOSO, V.; COMISKEY, J. A.; CORNEJO, F.; DALLMEIER, F.; DALY, D. C.; DÁVILA, N.; DUIVENVOORDEN, J. F.; JAVIER DUQUE MONTOYA, A.; ERWIN, T.; DI FIORE, A.; FREDERICKSEN, T.; FUENTES, A.; GARCÍA-VILLACORTA, R.; GONZALES, T.; ERNESTO GUEVARA ANDINO, J.; HONORIO CORONADO, E. N.; HUAMANTUPA-CHUQUIMACO, I.; KILLEEN, T. J.; MALHI, Y.; MENDOZA, C.; MOGOLLÓN, H.; MØLLER JØRGENSEN, P.; CARLOS MONTERO, J.; MOSTACEDO, B.; NAURAY, W.; NEILL, D.; NÚÑEZ VARGAS, P.; PALACIOS, S.; PALACIOS CUENCA, W.; CAROLINA PALLQUI CAMACHO, N.; PEACOCK, J.; FERNANDO PHILLIPS, J.; PICKAVANCE, G.; ALBERTO QUESADA, C.; RAMÍREZ-ANGULO, H.; RESTREPO, Z.; REYNEL RODRIGUEZ, C.; RÍOS PAREDES, M.; SIERRA, R.; SILVEIRA, M.; STEVENSON, P.; STROPP, J.; TERBORGH, J.; TIRADO, M.; TOLEDO, M.; TORRES-LEZAMA, A.; NATALIA UMAÑA, M.; ESTELA URREGO, L.; VASQUEZ MARTINEZ, R.; VALENZUELA GAMARRA, L.; A VELA, C. I.; VILANOVA TORRE, E.; VOS, V.; VON HILDEBRAND, P.; VRIESENDORP, C.; WANG, O.; YOUNG, K. R.; EUGENE ZARTMAN, C.; PHILLIPS, O. L.; BAKER, T. R.; LEWIS, S. L.; LOPEZ GONZALES, G.; BRIENEN, R.; PEACOCK, J.; PICKAVANCE, G.; PHILLIPS, O. L.; MOSCOSO, C.; VASQUEZ MARTINEZ, R.; GAMARRA, L. V.; VAN DER HEIJDEN, – G; NAURAY, – W; NÚÑEZ VARGAS, P.; PALLQUI, N. C. Seasonal drought limits tree species across the Neotropics. **Ecography**, v. 39, p. 1–12, 2016.

FAUSET, S.; BAKER, T. R.; LEWIS, S. L.; FELDPAUSCH, T. R.; AFFUM-BAFFOE, K.; FOLI, E. G.; HAMER, K. C.; SWAINE, M. D. Drought-induced shifts in the floristic and functional composition of tropical forests in Ghana. **Ecology Letters**, v. 15, n. 10, p. 1120–1129, 2012.

FELFILI, J. M.; CARVALHO, F. A.; HAIDAR, R. F. Manual Para O Monitoramento De Nos Biomas Cerrado E Pantanal. **Universidade de Brasília - Departamento de Engenharia Florestal**, n. September, p. 60, 2005. Disponível em:

<[https://www.researchgate.net/profile/Ricardo\\_Haidar/publication/267833419\\_MANUAL\\_PARA\\_O\\_MONITORAMENTO\\_DE\\_PARCELAS\\_PERMANENTES\\_NOS\\_BIOMAS\\_CERRADO\\_E\\_PANTANAL/links/54d3a9380cf2b0c6146ded6f/MANUAL-PARA-O-MONITORAMENTO-DE-PARCELAS-PERMANENTES-NOS-BIOMAS-CERRA](https://www.researchgate.net/profile/Ricardo_Haidar/publication/267833419_MANUAL_PARA_O_MONITORAMENTO_DE_PARCELAS_PERMANENTES_NOS_BIOMAS_CERRADO_E_PANTANAL/links/54d3a9380cf2b0c6146ded6f/MANUAL-PARA-O-MONITORAMENTO-DE-PARCELAS-PERMANENTES-NOS-BIOMAS-CERRA)>.

FOLKE, C.; CARPENTER, S.; WALKER, B.; SCHEFFER, M.; ELMQVIST, T.; GUNDERSON, L.; HOLLING, C. S. Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 35, p. 557–581, 2004.

FRANÇOSO, R. D.; BRANDÃO, R.; NOGUEIRA, C. C.; SALMONA, Y. B.; MACHADO, R. B.; COLLI, G. R. Habitat loss and the effectiveness of protected areas in the Cerrado Biodiversity Hotspot. **Natureza e Conservacao**, v. 13, n. 1, p. 35–40, 2015.

FUNK, C.; PETERSON, P.; LANDSFELD, M.; PEDREROS, D.; VERDIN, J.; SHUKLA, S.; HUSAK, G.; ROWLAND, J.; HARRISON, L.; HOELL, A.; MICHAELSEN, J. The climate hazards infrared precipitation with stations - A new environmental record for monitoring extremes. **Scientific Data**, v. 2, p. 1–21, 2015.

GARNIER, E.; CORTEZ, J.; BILLÈS, G.; NAVAS, M. L.; ROUMET, C.; DEBUSSCHE, M.; LAURENT, G.; BLANCHARD, A.; AUBRY, D.; BELLMANN, A.; NEILL, C.; TOUSSAINT, J. P. Plant functional markers capture ecosystem properties during secondary succession. **Ecology**, v. 85, n. 9, p. 2630–2637, 2004.

HARIDASAN, M. **Nutritional adaptations of native plants of the cerrado biome in acid soils** *Brazilian Journal of Plant Physiology*, jul. 2008. .

HARRIS, I.; JONES, P. D.; OSBORN, T. J.; LISTER, D. H. Updated high-resolution grids of monthly climatic observations - the CRU TS3.10 Dataset. **International Journal of Climatology**, v. 34, n. 3, p. 623–642, 2014.

HIJMANS, R. J.; CAMERON, S. E.; PARRA, J. L.; JONES, P. G.; JARVIS, A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, v. 25, n. 15, p. 1965–1978, 2005.

HIROTA, M.; HOLMGREN, M.; VAN NES, E.; SHEFFER, M. Global Resilience of Tropical Forest and Savanna to Critical Transitions. **science**, v. 334, p. 232, 2011.

- HIROTA, M.; NOBRE, C.; OYAMA, M. D.; BUSTAMANTE, M. M. C. The climatic sensitivity of the forest, savanna and forest-savanna transition in tropical South America. **New Phytologist**, v. 187, n. 3, p. 707–719, ago. 2010.
- HOFFMANN, W. A.; GEIGER, E. L.; GOTSCH, S. G. S. G.; ROSSATTO, D. R.; SILVA, L. C. R. R.; LAU, O. L. O. L.; HARIDASAN, M.; FRANCO, A. C. Ecological thresholds at the savanna-forest boundary: How plant traits, resources and fire govern the distribution of tropical biomes. **Ecology Letters**, v. 15, n. 7, p. 759–768, 2012.
- HOLLING, C. S. 1973. **Annual review of ecology and Systematics**, v. 4, p. 1–23, 1973.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. v. 19, n. 3, p. 707–713, 2005.
- LENZA, E.; KLINK, C. A. Comportamento fenológico de espécies lenhosas em um cerrado sentido restrito de Brasília, DF. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n. 4, p. 627–638, 2006.
- MALHADO, A. C. M.; PIRES, G. F.; COSTA, M. H. Cerrado conservation is essential to protect the Amazon rainforest. **Ambio**, v. 39, n. 8, p. 580–584, 2010.
- MARKHAM, C. G. Seasonality of precipitation in the united states. v. 3, n. 3, p. 593–597, 1966.
- MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. .; SILVA JUNIOR, M. C.; REZENDE, a. V.; FILGUEIRAS, T. S.; NOGUEIRA, P. . Flora vascular do bioma Cerrado. **Cerrado: Ambiente e Flora. Embrapa, Planaltina**, p. p.289-556, 1998.
- MYERS, N.; MITTERMEIER<sup>2</sup>, R. A.; MITTERMEIER<sup>2</sup>, C. G.; DA FONSECA<sup>3</sup>, G. A. B.; KENT, J. **Biodiversity hotspots for conservation priorities**NATURE |. [s.l: s.n.]. Disponível em: <www.nature.com>.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T. & RATTER, J. A. **The Cerrados of Brazil**. [s.l.] Columbia University Press, 2002.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; CURI, N.; VILELA, E. A.; CARVALHOD, D. A. Biotropica Volume 30 issue 3 1998 [doi 10.1111%2Fj.1744-7429.1998.tb00071.x] Ary T. Oliveira-Filho; Nilton Curi; Enivanis A. Vilela; Douglas -- Effects of Canopy Gaps, Topography, and Soils on the Distribution of Wood. v. 30, n. 3, p. 362–375, 1998.

OLIVEIRA, R. S.; BEZERRA, L.; DAVIDSON, E. A.; PINTO, F.; KLINK, C. A.; NEPSTAD, D. C.; MOREIRA, A. Deep root function in soil water dynamics in cerrado savannas of central Brazil. **Functional Ecology**, v. 19, n. 4, p. 574–581, 2005.

OLIVER, T. H.; HEARD, M. S.; ISAAC, N. J. B.; ROY, D. B.; PROCTER, D.; EIGENBROD, F.; FRECKLETON, R.; HECTOR, A.; ORME, C. D. L.; PETCHEY, O. L.; PROENÇA, V.; RAFFAELLI, D.; SUTTLE, K. B.; MACE, G. M.; MARTÍN-LÓPEZ, B.; WOODCOCK, B. A.; BULLOCK, J. M. Biodiversity and Resilience of Ecosystem Functions. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 30, n. 11, p. 673–684, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2015.08.009>>.

RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Analysis of the Floristic Composition of the Brazilian Cerrado Vegetation Iii: Comparison of the Woody Vegetation of 376 Areas. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 60, n. 01, p. 153–180, 2003. Disponível em: <[http://www.journals.cambridge.org/abstract\\_S0960428603000064](http://www.journals.cambridge.org/abstract_S0960428603000064)>.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. **Cerrado: ambiente e flora.**, p. 89–166, 1998.

ROSSATTO, D. R.; HOFFMANN, W. A.; DE CARVALHO RAMOS SILVA, L.; HARIDASAN, M.; STERNBERG, L. S. L.; FRANCO, A. C. Seasonal variation in leaf traits between congeneric savanna and forest trees in Central Brazil: Implications for forest expansion into savanna. **Trees - Structure and Function**, v. 27, n. 4, p. 1139–1150, 2013.

SAKSCHEWSKI, B.; VON BLOH, W.; BOIT, A.; POORTER, L.; PEÑA-CLAROS, M.; HEINKE, J.; JOSHI, J.; THONICKE, K. Resilience of Amazon forests emerges from plant trait diversity. **Nature Climate Change**, 2016.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 166, n. 1–4, p. 113–124, jul. 2010.

SARMIENTO, G.; GOLDSTEIN, G.; MEINZER, F. Adaptive Strategies of Woody Species in Neotropical Savannas. **Biological Reviews**, v. 60, n. 3, p. 315–355, 1985.

SCHEFFER, M.; CARPENTER, S.; FOLEY, J. A.; FOLKE, C.; WALKER, B. <[Scheffer-2001-Catastrophic shifts.pdf](#)>. **Nature**, v. 413, n. October, p. 591–596, 2001.

SCHEFFER, M.; CARPENTER, S. R. Catastrophic regime shifts in ecosystems: linking theory to observation. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 18, n. 12, p. 648–656, 2003.

SCHEFFER, M.; CARPENTER, S. R.; DAKOS, V.; VAN NES, E. H. Generic Indicators of Ecological Resilience: Inferring the Chance of a Critical Transition. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 46, n. 1, p. 145–167, 2015. Disponível em: <<http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-ecolsys-112414-054242>>.

SPERA, S. A.; GALFORD, G. L.; COE, M. T.; MACEDO, M. N.; MUSTARD, J. F. Land-use change affects water recycling in Brazil's last agricultural frontier. **Global change biology**, v. 22, n. 10, p. 3405–3413, 2016.

STAVER, A. C.; ARCHIBALD, S.; LEVIN, S. A. The global extent and determinants of savanna and forest as alternative biome states. **Science**, v. 334, n. 6053, p. 230–232, 2011.

STRASSBURG, B. B. N.; BROOKS, T.; FELTRAN-BARBIERI, R.; IRIBARREM, A.; CROUZEILLES, R.; LOYOLA, R.; LATAWIEC, A. E.; OLIVEIRA FILHO, F. J. B.; DE SCARAMUZZA, C. A. M.; SCARANO, F. R.; SOARES-FILHO, B.; BALMFORD, A. **Moment of truth for the Cerrado hotspot** *Nature Ecology and Evolution* Nature Publishing Group, , 23 mar. 2017. .

WALKER, B.; HOLLING, C. S.; CARPENTER, S. R.; KINZIG, A. Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. **Ecology and Society**, v. 9, n. 2, 2004.

**Jardim botânico de Missouri USA. the plant list.** Disponível em: <<http://www.theplantlist.org/>>.

**Tropicos.** Disponível em: <<http://www.tropicos.org/>>.

**Royal botanical Gardens RU** <<https://www.kew.org/>>

**Royal botanic Garden of Edinburg RU.** <<https://www.rbge.org.uk/>>

**Jardim Botânico do Rio de Janeiro.** Disponível em:  
<<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/ConsultaPublicaUC/ConsultaPublicaUC.do#CondicaoTaxonCP>>.

**Repositório da Produção Científica e Intelectual da Unicamp- Universidade Estadual de Campinas.** <<http://repositorio.unicamp.br/>>

**Web of Science.** Disponível em: <[www.webofknowledge.com](http://www.webofknowledge.com)>.

**Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da Universidade de São Paulo.**  
<<https://www.teses.usp.br/>>

**Google Acadêmico.** <<https://scholar.google.com.br/>>

**Repositório da Universidade Federal de Lavras.** <<https://repositorio.ufla.br>>

**Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações.** <<http://bdtd.ibict.br/vufind/>>

**Repositório institucional da Universidade Federal de Brasília)**  
<<http://repositorio.unb.br/>>

**Repositório Institucional da Universidade Federal de Viçosa**  
<[http://www.bbt.ufv.br/?page\\_id=157](http://www.bbt.ufv.br/?page_id=157)>

.

**8.Anexo I-**

Tabela 6. Referências bibliográficas dos inventários florísticos e florestais utilizados neste estudo.

<b>Município</b>	<b>formação</b>	<b>long</b>	<b>lat</b>	<b>Referência bibliográfica</b>
JABORNADI-BA	Cerrado sentido restrito	-13,6667	-45,5833	ROITMAN ET AL 2008
VALE DO RIO CORRENTE-BA	Floresta estacional decidual	-13,5014	-44,2378	PEREIRA, TESE DE DOUTORADO 2008
SÃO FELIX DO COLIBRI- BA	Floresta estacional decidual	-13,4833	-44,2333	GONZAGA, TESE DE DOUTORADO 2011
CADEIA DO ESPINHAÇO - BA	Cerrado rupestre	-13,2108	-41,7593	MOTA, TESE DE DOUTORADO 2016
ÁGUAS EMENDADAS	Cerrado sentido restrito	-15,5167	-47,5333	FELFILI ET AL 1994
APA GCV	Cerrado sentido restrito	-15,8667	-47,8333	FELFILI ET AL 1994
BRASILIA NATIONAL PARK	Cerrado sentido restrito	-15,6167	-47,9	FELFILI ET AL 1994
PLANALTINA-DF	Cerrado sentido restrito	-15,5833	-47,7	AQUINO ET AL 2014

BRASILIA-DF	Cerrado sentido restrito	-15,9333	-47,8833	MEDEIROS ET AL 2008 (1)
APA PARANOÁ-DF	Cerrado sentido restrito	-15,7667	-47,8333	ASSUNÇÃO ET AL 2004
CAFURINGA-DF	Cerrado sentido restrito	-15,5053	-46,105	DE PAULA ET AL 2009
FAZENDA ÁGUA LIMPA-DF	Cerrado sentido restrito	-15,9333	-47,7667	WALTER ET AL 2005
RECOR-IBGE, BRASILIA-DF	Cerrado denso	-15,9167	-47,8667	ANDRADE ET AL 2002
PLANALTINA-DF	Cerrado sentido restrito	-15,6238	-47,6627	DE PAULA ET AL 2007
VALE DO RIO SAL-DF	Floresta estacional decidual	-15,5011	-47,3025	PEREIRA, TESE DE DOUTORADO 2008
FERCAL-DF	Floresta estacional decidual	-15,5578	-47,8617	Haidar, TESE MESTRADO 2008
SILVANIA-GO	Cerrado sentido restrito	-16,5	-48,5	FELFILI ET AL 1994
LUIZIANIA-GO	Cerrado sentido restrito	-16,305	-48,2236	MEDEIROS, 2005
COCALZINHO DE GOIAS-GO	Cerrado rupestre	-15,8	-48,75	PINTO ET AL 2008

SANTO ANTÔNIO DE GOIAS-GO	CERRADÃO	-16,508	-49,2862	THALLES, TESE DE MESTRADO 2018
TERA RONCA-GO	Cerrado sentido restrito	-13,5833	-46,2667	TEIXERIA, DISSERTAÇÃO DE MESTRADO 2015
ALTO PARAÍSO DE GOIÁS-GO	Cerrado sentido restrito	-14,1425	-47,7179	MEWS, TESE DE DOUTORADO 2014
ALTO PARAÍSO DE GOIÁS-GO	Cerrado sentido restrito	-14,1571	-47,6071	MEWS, TESE DE DOUTORADO 2015
CALDAS NOVAS-GO	Cerrado sentido restrito	-17,7593	-48,6853	MEWS, TESE DE DOUTORADO 2016
CALDAS NOVAS-GO	Cerrado sentido restrito	-17,7951	-48,664	MEWS, TESE DE DOUTORADO 2017
CAVALCANTE-GO	Cerrado sentido restrito	-13,7496	-47,4143	MEWS, TESE DE DOUTORADO 2018
CAVALCANTE-GO	Cerrado sentido restrito	-13,7916	-47,395	MEWS, TESE DE DOUTORADO 2019
CRISTALINA-GO	Cerrado sentido restrito	-16,7253	-47,6974	MEWS, TESE DE DOUTORADO 2020
CRISTALINA-GO	Cerrado sentido restrito	-16,7918	-47,573	MEWS, TESE DE DOUTORADO 2021
JARAGUÁ-GO	Cerrado sentido restrito	-15,7985	-49,3329	MEWS, TESE DE DOUTORADO 2022

JARAGUÁ-GO	Cerrado sentido restrito	-15,7926	-49,3432	MEWS, TESE DE DOUTORADO 2023
MARA ROSA- GO	Cerrado sentido restrito	-14,0365	-49,0498	MEWS, TESE DE DOUTORADO 2024
MARA ROSA- GO	Cerrado sentido restrito	-14,0316	-49,0031	MEWS, TESE DE DOUTORADO 2025
MINEIROS-GO	Cerrado sentido restrito	-18,4829	-52,0189	MEWS, TESE DE DOUTORADO 2026
MINEIROS-GO	Cerrado sentido restrito	-17,6648	-52,2777	MEWS, TESE DE DOUTORADO 2027
NAZÁRIO-GO	Cerrado sentido restrito	-16,6249	-49,7848	MEWS, TESE DE DOUTORADO 2028
NAZÁRIO-GO	Cerrado sentido restrito	-16,6833	-49,7591	MEWS, TESE DE DOUTORADO 2029
PIRANHAS-GO	Cerrado sentido restrito	-16,4564	-51,8961	MEWS, TESE DE DOUTORADO 2030
PIRANHAS-GO	Cerrado sentido restrito	-16,4486	-51,8994	MEWS, TESE DE DOUTORADO 2031
PIRENÓPOLIS- GO	Cerrado sentido restrito	-15,7978	-48,8286	MEWS, TESE DE DOUTORADO 2032
PIRENÓPOLIS- GO	Cerrado sentido restrito	-15,8036	-48,8278	MEWS, TESE DE DOUTORADO 2033

MOSSÂMEDES-GO	Cerrado sentido restrito	-16,0336	-50,0614	MIRANDA, DISSERTAÇÃO DE MESTRADO 2008
MOSSÂMEDES-GO	Cerrado sentido restrito	-16,0336	-50,0614	MIRANDA, DISSERTAÇÃO DE MESTRADO 2008
VALE DO RIO PARANÃ-GO	Floresta estacional decidual	-13,1461	-46,6594	PEREIRA, TESE DE DOUTORADO 2008
GOIANIA-GO	Floresta estacional decidual	-16,5	-49,1167	Haidar, TESE MESTRADO 2008
SÃO DOMINGOS-GO	Floresta estacional decidual	-13,8261	-46,6986	SILVA ET AL 2002
CAROLINA-MA	Cerrado sentido restrito	-7,0175	-47,4725	MEDEIROS ET AL 2008 (2)
SANTA QUITÉRIA-MA	Cerrado sentido restrito	-3,5	-42,5	DE PAULA ETAL 1997
MIRADOR-MA	Cerradão	-6,16667	-44,7167	CONCEIÇÃO ET AL 2009
GERAIS DE BALSAS-MA	Cerrado sentido restrito	-8,48333	-46,8667	AQUINO ET AL 2007
GERAIS DE BALSAS-MA	Cerrado sentido restrito	-8,48333	-46,8667	AQUINO ET AL 2008
URBANO SANTOS-MA	Cerradão	-3,3166	-43,2	SILVA ET AL 2008

PARACATU-MG	Cerrado sentido restrito	-17	-46,75	FELFILI ET AL 1993
PATROCINIO-MG	Cerrado sentido restrito	-18,7833	-46,4167	FELFILI ET AL 1994
SETE LAGOAS-MG	Cerrado sentido restrito	-19,4667	-44,2522	PEREIRA ET AL 2013
S. MODESTINO GONÇALVES-MG	Cerrado sentido restrito	-17,6667	-43,1667	NERI ET AL 2006
UBERLANDIA-MG	Cerrado rupestre	-19,1556	-48,3889	MORENO ET AL 2008
CADEIA DO ESPINHAÇO - MG	Cerrado rupestre	-16,6129	-42,9487	MOTA, TESE DE DOUTORADO 2016
CADEIA DO ESPINHAÇO - MG	Cerrado rupestre	-17,789	-43,639	MOTA, TESE DE DOUTORADO 2017
CADEIA DO ESPINHAÇO - MG	Cerrado rupestre	-19,3634	-43,6165	MOTA, TESE DE DOUTORADO 2018
ARCOS-MG	Floresta estacional decidual	-20,2833	-45,6167	GONZAGA, TESE DE DOUTORADO 2011
PARACATU-MG	Floresta estacional decidual	-17,2167	-46,8167	GONZAGA, TESE DE DOUTORADO 2012
PEREAÇU-MG	Floresta estacional decidual	-14,9	-44,3667	GONZAGA, TESE DE DOUTORADO 2013

VALE DO RIO ARAGUARI-MG	Floresta estacional decidual	-18,7833	-48,1	SIQUEIRA ET AL 2008
ITUMIRIM-MG	CERRADÃO	-21,2667	-44,8333	LOSCHI ET AL 2013
ITUMIRIM-MG	Cerrado sentido restrito	-21,2667	-44,8333	LOSCHI ET AL 2014
SANTA VITÓRIA-MG	Floresta estacional decidual	-19,1528	-50,6528	OLIVEIRA FILHO ET AL 1998
TORIXORÉU-MT	CERRADÃO	-15,8833	-52,3833	FURLEY ET AL 1988
CUIABÁ-MT	Cerrado sentido restrito	-15,5333	-56,0833	GUARIN NETO ET AL 1993
CHAPADA DOS GUIMARAES-MT	Cerrado sentido restrito	-15,35	-55,8167	OLIVEIRA FILHO 1984, TESE DE MESTRADO
CUIABÁ-MT	Cerrado sentido restrito	-15,2	-55,9833	OSTREICH FILHO, DISSERTAÇÃO DE MESTRADO 2014
CHAPADA DOS GUIMARAES-MT	Cerrado sentido restrito	-15,2167	-55,5	OSTREICH FILHO, DISSERTAÇÃO DE MESTRADO 2015
NOVA XAVANTINA-MT	Cerrado rupestre	-14,6833	-52,3333	MARACAHIPES ET AL 2011
ÁGUA BOA-MT	Cerrado sentido restrito	-13,8333	-52	FELFILI ET AL 2001
CÁCERES-MT	Cerrado rupestre	-16,0528	-57,4681	MOURA , TESE DE DOUTORADO 2010

NOVA XAVANTINA-MT	Floresta estacional decidual	-14,3492	-52,3453	PEREIRA, TESE DE DOUTORADO 2008
NOVA XAVANTINA-MT	CERRADÃO	-14,7006	-52,3507	FRANCZAC ET AL 2011
JARAGUAÍAVA-PR	Cerrado sentido restrito	-24,15	-50,3	UHLMAN ET AL 1995
ANGATUBA-SP	CERRADÃO	-23,45	-48,4166	RATTER ET AL 1988
ANGATUBA-SP	Cerrado sentido restrito	-23,45	-48,4166	RATTER ET AL 1989
ITIRAPINA-SP	Cerrado sentido restrito	-22,1333	-47,7833	DURIGAN ET AL 1994
MOGI-MIRIM-SP	CERRADÃO	-22,4333	-46,95	TOLEDO FILHO ET AL 1989
LUIS ANTÔNIO-SP	CERRADÃO	-21,5	-47,8333	PEREIRA SILVA ET AL 2004
BROTAS-SP	CERRADÃO	-22,265	-48,0422	GOMEZ ET AL 2004
PALMAS-TO	Cerrado sentido restrito	-10,0183	-48,3667	SANTOS, DISSERTAÇÃO DE MESTRADO 2000
UFT CAMPUS DE GURUPI-TO	Cerrado sentido restrito	-11,7496	-49,0528	TAVARES, DISSERTAÇÃO DE MESTRADO 2017
PALMAS-TO	Cerrado rupestre	-10,1667	-48,2667	LEMOS ET AL 2013
NATIVIDADE-TO	CERRADO TÍPICO	-11,6833	-47,7	LEMOS ET AL 2013

PALMAS-TO	CERRADO TÍPICO	-10,1667	-48,2667	LEMOS ET AL 2013
NATIVIDADE- TO	Cerrado rupestre	-11,6833	-47,7	LEMOS ET AL 2013
PALMAS-TO	CERRADÃ O	-10,1819	-48,1806	MIGUEL ET AL 2016
TAGUATINGA- TO	Floresta estacional decidual	-12,5764	-46,4092	MENDONÇA, DISSERTAÇÃO DE MESTRADO 2012