



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

**INFLUÊNCIA DE FATORES AMBIENTAIS LOCAIS NA
COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA, ESTRUTURA E ATRIBUTOS
FUNCIONAIS DA VEGETAÇÃO ARBUSTIVO-ARBÓREA EM
CERRADO SENTIDO RESTRITO**

Patrícia Corrêa Guedes de Souza





UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

INFLUÊNCIA DE FATORES AMBIENTAIS LOCAIS NA COMPOSIÇÃO
FLORÍSTICA, ESTRUTURA E ATRIBUTOS FUNCIONAIS DA
VEGETAÇÃO ARBUSTIVO-ARBÓREA EM CERRADO SENTIDO
RESTRITO

PATRÍCIA CORRÊA GUEDES DE SOUZA

Orientador: Dr. José Roberto Rodrigues Pinto

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade de Brasília, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais.

Brasília-DF
Abril de 2021.

AGRADECIMENTOS

Ao meu querido orientador José Roberto (Zé), pela amizade, paciência e preocupação com a qualidade do trabalho. Sempre disposto a ajudar e tirar dúvidas da forma mais didática possível. Obrigada por me apresentar a Serra do Cipó e o Tereré durante as viagens de campo!

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), pelo apoio financeiro por meio da concessão de bolsa de pesquisa.

Ao ICMBio pela licença de pesquisa concedida para realização dos estudos no Parque Nacional do Serra do Cipó.

Ao Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais (PPG-EFL) pelo apoio financeiro na realização dos trabalhos de campo.

Ao professor Rodrigo Studart, que cedeu parte de seus recursos de pesquisa para custear as análises de nutrientes foliares.

A todos os especialistas que nos auxiliaram na identificação das coletas botânicas, em especial às professoras do Herbário UB Carolyn Proença e Cássia Munhoz, que mesmo tão ocupadas, sempre estiveram dispostas a ajudar e tirar dúvidas. Ao taxonomista Jair Faria (Myrtaceae), sempre muito solícito e gentil. Ao pesquisador e curador do Herbário CEN, Bruno Walter, que também nos auxiliou na identificação de algumas amostras e o qual tive a honra de conhecer pessoalmente, após ter aprendido tanto com seus importantes trabalhos sobre o bioma Cerrado.

Ao Leandro Maracahipes por compartilhar sua experiência em ecologia e diversidade funcional e por nos auxiliar com as análises estatísticas e utilização do software R.

A todos os meus colegas do mestrado, pela companhia e auxílio nas disciplinas. Em especial, às minhas amigas Natália e Gabrielle, verdadeiros anjos na minha vida, com as quais passei a maior parte do meu tempo e recebi as melhores palavras de ânimo e consolo.

Aos colegas que me auxiliaram e compartilharam as aventuras de coletar no Cerrado Típico e Rupestre na Serra do Cipó: Ádila, Rafael Romão e Gustavo Barros.

A Silvia da Luz Lima Mota por ter cedido parte dos dados de sua Tese de Doutorado para utilizarmos neste trabalho.

A todos os membros da banca examinadora pelas importantes contribuições ao trabalho.

Ao meu esposo, Josiel, verdadeiro companheiro por suportar minhas aflições e entender minha ausência nos momentos finais do mestrado, sempre muito compreensivo e me incentivando a continuar.

Aos meus filhos, João Henrique (4 anos) e Daniel (ainda no ventre), que mesmo tão pequenos, foram meu combustível para concluir este trabalho.

Aos meus pais, Neomar e Alaides, minhas irmãs, Letícia e Clarice, por terem sido a rede de apoio mais importante neste processo, por todo amor, palavras de força e cuidado com nosso pequeno João, para que eu pudesse me dedicar ao mestrado.

Aos meus amigos e parentes, por apoiar e compreender a minha ausência em muitas reuniões sociais e familiares.

A Deus, por cada pessoa que colocou no meu caminho, por me dar forças para lidar com adversidades do caminho e por me ajudar a tomar decisões difíceis com sabedoria.

RESUMO

A heterogeneidade ambiental do Cerrado o torna um bioma composto por mosaicos de vegetação e com elevada diversidade de espécies. No entanto, os fatores que modulam a paisagem no Cerrado, em escala local, bem como as estratégias utilizadas pelas espécies para se adaptarem às diferentes condições ambientais, ainda são pouco compreendidos. Neste estudo, avaliamos a influência das variáveis ambientais locais expressas pelo tipo de solo, relevo e espacialidade, na variação florístico-estrutural da vegetação arbustivo-arbórea em três sítios geograficamente próximos de Cerrado sentido restrito (Cerrado Típico em Latossolo Vermelho, Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico e Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico). Adicionalmente, investigamos as estratégias adaptativas das espécies representativas de cada sítio, com base na relação entre os atributos funcionais e as variáveis ambientais locais. As comunidades diferiram em termos de riqueza de espécies, diversidade alfa, composição florística e estrutura. A fração ambiental foi responsável por explicar grande parte da variação florístico-estrutural, indicando que as propriedades químicas e físicas do solo, juntamente com a altitude, podem, por si só, explicar a variação florístico-estrutural entre ambientes savânicos em escala local. Nossos resultados também indicam que as espécies lenhosas apresentam diferentes estratégias para colonizar e se estabelecer em cada sítio, sendo que a baixa demanda nutricional constituiu a principal estratégia utilizada pelas espécies do Cerrado Rupestre, enquanto que as espécies do Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico se mostraram mais eficientes na aquisição de recursos. Assim, contribuímos para o avanço do conhecimento sobre os fatores e processos ecológicos que modulam a vegetação lenhosa do Cerrado em escala local, indicando que sítios adjacentes de uma mesma fitofisionomia podem apresentar características distintas de solo e vegetação distintas que devem ser consideradas nas ações de conservação do bioma.

Palavras-chave: ecologia vegetal, filtros ambientais, gradiente ambiental, mecanismos adaptativos, relações solo-planta, savana neotropical.

ABSTRACT

Cerrado's environmental heterogeneity makes it a biome composed of vegetation mosaics. However, the factors that modulate Cerrado landscape, on a local scale, as well as the strategies used by woody species to adapt to different environmental conditions, are still poorly understood. In this study, we evaluated the influence of local environmental variables expressed by soil type, relief and spatiality, on the floristic-structural variation of woody vegetation in three geographically close areas of Cerrado sensu stricto (Typical Cerrado in Red Latosol, Typical Cerrado in Quartzarenic Neosol and Cerrado Rupestre in Litolic Neosol). Additionally, we investigated the adaptive strategies of the representative species of each site, based on the relationship between the functional attributes and the local environmental variables. Communities of the three sites differed in terms of species richness, alpha diversity, floristic composition and structure. Environmental fraction was responsible for explaining most of floristic-structural variation, indicating that the chemical and physical properties of the soil, together with altitude, can, by themselves, explain the floristic-structural variation between savanna environments on a local scale. Our results also indicate that the woody species presented different strategies to colonize and establish themselves in each site, with the low nutritional demand being the main strategy used by the woody species of the Cerrado Rupestre, while the species of the Typical Cerrado in Quartzarenic Neosol were more efficient in obtaining the resources. Thus, we contribute to the advancement of knowledge about the ecological factors and processes that modulate the woody vegetation of the Cerrado on a local scale, indicating that very close sites may present different soil and vegetation characteristics, which should be considered in the conservation actions of the biome.

Keywords: adaptive mechanisms, environmental filters, environmental gradient, neotropical savanna, soil-plant relationships, vegetal ecology.

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO.....	15
2. INTRODUÇÃO.....	17
3. OBJETIVO GERAL.....	19
3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
4.1. ÁREA DE ESTUDO	20
4.2. COLETA DOS DADOS	22
4.2.1. Vegetação.....	22
4.2.2. Solo.....	23
4.2.3. Atributos funcionais	23
4.3. ANÁLISE DOS DADOS	24
4.3.1. Suficiência amostral e riqueza de espécies	24
4.3.2. Similaridade florística e diversidade beta	24
4.3.3. Estrutura da vegetação	25
4.3.4. Variáveis ambientais	25
4.3.5. Efeito do espaço e ambiente na vegetação	26
4.3.6. Espécies indicadoras.....	27
4.3.7. Atributos funcionais	27
5. RESULTADOS.....	28
5.1. SUFICIÊNCIA AMOSTRAL E RIQUEZA DE ESPÉCIES	28
5.2. SIMILARIDADE FLORÍSTICA E DIVERSIDADE ALFA	29
5.3. ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO	31
5.4. SOLOS	33
5.5. EFEITO DO ESPAÇO E AMBIENTE.....	35
5.6. ESPÉCIES INDICADORAS	36
5.7. ATRIBUTOS FUNCIONAIS	38

6. DISCUSSÃO.....	40
7. CONCLUSÃO	46
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
9. REFERÊNCIAS	48
10. ANEXOS.....	57
10.1. LISTA DAS ESPÉCIES.....	57
10.2. VALIDAÇÃO DA ANÁLISE DE AGRUPAMENTO	60
10.3. SELEÇÃO DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS E MATRIZES DE CORRELAÇÃO.....	60
10.4. SELEÇÃO DE ATRIBUTOS FUNCIONAIS E MATRIZES DE CORRELAÇÃO	63
10.5. DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA HORIZONTAL DA VEGETAÇÃO	66

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 - Espécies arbustivo-arbóreas registradas no Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico (CRNL), Cerrado Típico em Neossolo quartzarênico (CTNQ) e Cerrado Típico em Latossolo Vermelho (CTLV), amostrados no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. As espécies estão dispostas em ordem alfabética das famílias botânicas. Os números representam a quantidade de indivíduos amostrados em cada sítio.....	57
Anexo 2 - Resultados estatísticos dos diferentes métodos utilizados nas análises de agrupamento com base na correlação cofenética e distância de Gower, para a vegetação arbustivo-arbórea amostrada no Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico, Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico e Cerrado Típico em Latossolo Vermelho, Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais.....	60
Anexo 3 - Análise de Componentes Principais preliminar com as 21 variáveis ambientais (variáveis de solo e altitude) registradas no Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico (○), Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico (▲) e Cerrado Típico em Latossolo Vermelho (□), amostrados no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. P = fósforo; K = potássio; Mg = magnésio; Ca = cálcio; Al = alumínio; S = enxofre; Na = Sódio; Zn = Zinco; B = Boro; Cu = cobre; Fe = ferro; Mn = manganês; m = Saturação por alumínio; V = Saturação de bases; CTC = Capacidade de troca catiônica; MO = Matéria orgânica.....	60
Anexo 4 - Coeficientes de correlação entre os eixos da Análise de Componentes Principais preliminar e as variáveis ambientais registradas no Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico, Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico e Cerrado Típico em Latossolo Vermelho, amostrados no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. P = fósforo; K = potássio; Mg = magnésio; Ca = cálcio; Al = alumínio; S = enxofre; Na = Sódio; Zn = Zinco; B = Boro; Cu = cobre; Fe = ferro; Mn = manganês; m = Saturação por alumínio; V = Saturação de bases; CTC = Capacidade de troca catiônica; MO = Matéria orgânica.....	61
Anexo 5 - Coeficientes de correlação de <i>Spearman</i> entre variáveis ambientais registradas no Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico, Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico e Cerrado Típico em Latossolo Vermelho, amostrados no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. P = fósforo; K = potássio; Mg = magnésio; Ca = cálcio; Al = alumínio; S = enxofre; Na = Sódio; Zn = Zinco; B = Boro; Cu = cobre; Fe = ferro; Mn = manganês; m = Saturação por alumínio; V = Saturação de bases; CTC = Capacidade de troca catiônica; MO = Matéria orgânica.....	62
Anexo 6 - Análise de Componentes Principais preliminar com os doze atributos funcionais das espécies arbustivo-arbóreas em relação ao Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico (○),	

Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico (▲) e Cerrado Típico em Latossolo Vermelho (□), amostrados no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. N = Concentração foliar de Nitrogênio; P = Concentração foliar de fósforo ; K = Concentração foliar de potássio ; Mg = Concentração foliar de magnésio ; Ca = Concentração foliar de cálcio ; S = Concentração foliar de enxofre ; B = Concentração foliar de Boro ; Ca = Concentração foliar de cálcio ; Zn = Concentração foliar de zinco ; Fe = Concentração foliar de ferro ; Mn = Concentração foliar de manganês ; Cu = Concentração foliar de cobre ; SLA = área foliar específica; Hmáx: altura máxima. 63

Anexo 7 - Coeficientes de correlação entre os eixos da Análise de Componentes Principais preliminar e os atributos funcionais avaliados para as espécies arbustivo-arbóreas amostradas no Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico, Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico e Cerrado Típico em Latossolo Vermelho, Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. N = Concentração foliar de Nitrogênio; P = Concentração foliar de fósforo; K = Concentração foliar de potássio; Mg = Concentração foliar de magnésio; Ca = Concentração foliar de cálcio; S = Concentração foliar de enxofre; B = Concentração foliar de Boro; Ca = Concentração foliar de cálcio; Zn = Concentração foliar de zinco; Fe = Concentração foliar de ferro; Mn = Concentração foliar de manganês; Cu = Concentração foliar de cobre; SLA = área foliar específica; Hmáx = altura total. 64

Anexo 8 - Coeficientes de correlação de *Spearman* entre os atributos funcionais avaliados para as espécies arbustivo-arbóreas amostradas no Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico, Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico e Cerrado Típico em Latossolo Vermelho, Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. N = Concentração foliar de Nitrogênio; P = Concentração foliar de fósforo; K = Concentração foliar de potássio; Mg = Concentração foliar de magnésio; Ca = Concentração foliar de cálcio; S = Concentração foliar de enxofre; B = Concentração foliar de Boro; Ca = Concentração foliar de cálcio; Zn = Concentração foliar de zinco; Fe = Concentração foliar de ferro; Mn = Concentração foliar de manganês; Cu = Concentração foliar de cobre e SLA = área foliar específica; Hmáx = altura máxima. 65

Anexo 9 - Parâmetros fitossociológicos para as espécies arbustivo-arbóreas do Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico amostrado no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. As espécies estão listadas em ordem decrescente do valor de importância (VI). DA = Densidade absoluta (ind. /ha); DR = Densidade relativa (%); FA = Frequência absoluta (%); FR = Frequência relativa (%); DoA = Dominância absoluta (m²/ha); DoR = dominância relativa (%); VC = Valor de Cobertura (%) e VI = Valor de Importância (%). 66

Anexo 10 - Parâmetros fitossociológicos para as espécies arbustivo-arbóreas do Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico (CTNQ), com espécies listadas em ordem decrescente do

valor de importância (VI). DA = Densidade absoluta (ind. /ha); DR = Densidade relativa (%); FA = Frequência absoluta (%); FR = Frequência relativa (%); DoA = Dominância absoluta (m²/ha); DoR = dominância relativa (%); VC = Valor de Cobertura (%) e VI = Valor de Importância (%)...... 68

Anexo 11 - Parâmetros fitossociológicos para as espécies arbustivo-arbórea do Cerrado Típico em Latossolo Vermelho amostrado no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. As espécies estão listadas em ordem decrescente do valor de importância (VI). DA = Densidade absoluta (ind. /ha); DR = Densidade relativa (%); FA = Frequência absoluta (%); FR = Frequência relativa (%); DoA = Dominância absoluta (m²/ha); DoR = dominância relativa (%); VC = Valor de Cobertura (%) e VI = Valor de Importância (%)...... 71

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Localização do Parque Nacional da Serra do Cipó em relação ao Estado de Minas Gerais, Brasil, com destaque para a distribuição das parcelas (1.000 m²) amostradas nos sítios de Cerrado sentido restrito: Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico (CRNL), Cerrado Típico em Latossolo Vermelho (CTLV) e Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico (CTNQ)..... 22
- Figura 2 - Curvas de rarefação baseadas no número de indivíduos, em função da riqueza de espécies arbustivo-arbóreas registrada no Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico (verde), Cerrado Típico em Latossolo Vermelho (vermelho) e Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico (azul), amostrados no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. As linhas tracejadas representam o intervalo de confiança à 95%. 29
- Figura 3 - Dendrograma de similaridade florística baseado no método UPGMA para a vegetação arbustivo-arbórea amostrada no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. ○ = parcelas de Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico; ▲ = parcelas de Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico; □ = parcelas de Cerrado Típico em Latossolo Vermelho. A linha tracejada representa o nível de corte $k = 4$ 30
- Figura 4 - Perfis de diversidade baseados na série de Hill de ordem 1 para a vegetação arbustivo-arbórea amostrada no Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico (verde), Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico (azul) e Cerrado Típico em Latossolo Vermelho (vermelho), Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. A linha tracejada corresponde a projeção do valor estimado e as faixas ao longo da curva representam o intervalo de confiança a 95%. 30
- Figura 5 - Espécies arbustivo-arbóreas que contribuíram com mais de 50% do Valor de Importância no Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico (azul), Cerrado Típico em Latossolo Vermelho (preto) e Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico (cinza), amostrados Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. As espécies estão listadas com o nome científico abreviado (p.ex. Pou_rami = *Pouteria ramiflora*)..... 31
- Figura 6 – Representação em boxplot dos valores de diâmetro dos indivíduos em cada sítio. CRNL = Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico, CTNQ = Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico; CTLV = Cerrado Típico em Latossolo Vermelho. Letras diferentes entre sítios indicam diferenças significativas pelo teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$). 32
- Figura 7 – Representação em boxplot dos valores de altura dos indivíduos em cada sítio. CRNL = Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico, CTNQ = Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico; CTLV = Cerrado Típico em Latossolo Vermelho. Letras diferentes entre sítios indicam diferenças significativas pelo teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$). 33

Figura 8 - Análise de Componentes Principais das variáveis ambientais (solo e relevo) amostradas no Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico (○), Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico (▲) e Cerrado Típico em Latossolo Vermelho (□), no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. MO = Concentração de Matéria Orgânica no solo; P = Teor de Fósforo no solo; Ca = Teor de Cálcio no solo; m = Saturação por Alumínio.	35
Figura 9 - Partição de variâncias entre os componentes que explicam a variação na composição florístico-estrutural no Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico, Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico e Cerrado Típico em Latossolo Vermelho, amostrados no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. Valor <i>p</i> para fração Ambiente = 0,001; Valor <i>p</i> para fração Espaço = 0,001	36
Figura 10 - Gráfico genérico de ordenação direta das espécies indicadoras e detectoras relacionando a abundância de indivíduos com as variáveis ambientais. As barras representam a densidade da espécie em cada parcela e as espécies em negrito representam as espécies indicadoras (<i>Indval</i> >70%). CTLV = Cerrado Típico em Latossolo Vermelho; CTNQ = Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico; e CRNL = em Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico.	38
Figura 11 - Análise de Componentes Principais dos atributos funcionais das espécies arbustivo-arbóreas em relação ao Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico (○), Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico (▲) e Cerrado Típico em Latossolo Vermelho (□), amostrados no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. P = Concentração foliar de fósforo foliar; K = Concentração foliar de potássio foliar; Mg = Concentração foliar de magnésio foliar; Ca = Concentração foliar de cálcio foliar; SLA = área foliar específica; Hmáx = Altura máxima. As espécies estão representadas pela abreviação do nome científico (p.ex. Asp_tome = <i>Aspidosperma tomentosum</i>).....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação das variáveis ambientais entre Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico (CRNL), Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico (CTNQ) e Cerrado Típico em Latossolo Vermelho (CTLV), amostrados no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. Letras diferentes para a mesma variável indicam diferenças significativas pelo teste de Dunn ($p < 0,05$).....	34
Tabela 2 - Espécies indicadoras e detectoras registradas no Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico (CRNL), Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico (CTNQ) e Cerrado Típico em Latossolo Vermelho (CTLV), amostrados no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. As espécies estão listadas em ordem decrescente do Valor indicador (<i>Indval</i>).....	37
Tabela 3 - Comparação dos atributos funcionais entre Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico (CRNL), Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico (CTNQ) e Cerrado Típico em Latossolo Vermelho (CTLV), amostrados no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. Letras diferentes para a mesma variável indicam diferenças significativas pelo teste de Dunn ($p < 0,05$).....	39

1. APRESENTAÇÃO

O Cerrado é a savana mais extensa e mais rica em espécies do mundo, devido a sua grande heterogeneidade ambiental e alta diversidade florística (MENDONÇA et al., 2008; SILVA; BATES 2002). No Brasil, o Cerrado é o segundo maior bioma, correspondendo a aproximadamente 23,3% do país (SANO et al., 2010), sendo que a área core de distribuição do Cerrado é o Brasil Central. Porém, o bioma se estende por todas as cinco regiões brasileiras e está representado em 11 unidades federativas (ALENCAR et al., 2020). Assim, as condições ambientais são bastante heterogêneas, tanto local como regionalmente, representadas por grande variação climática, de relevo e de solo. (ARRUDA et al., 2017; EITEN, 1972; OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 2002; RIBEIRO; WALTER, 2008)

Na maior parte do Cerrado predomina o clima tropical úmido com o subtipo de savana (Aw), com períodos seco (inverno) e chuvoso (verão) bem definidos (SILVA; ASSAD; EVANGELISTA, 2008). No entanto, algumas regiões podem apresentar os tipos Cwa e Cwb, caracterizados como climas subtropicais com inverno seco, ocorrendo principalmente em regiões montanhosas, na região sudeste (ALVARES et al., 2013). O relevo é predominantemente plano ou suavemente ondulado, mas também ocorrem paisagens acidentadas (OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 2002). A altitude varia de aproximadamente 300 metros, como na Baixada Cuiabana no Mato Grosso, até valores superiores a 1.600 metros, como na Chapada dos Veadeiros em Goiás (RIBEIRO; WALTER, 2008). Em termos edáficos, o Cerrado possui grande variedade de tipos de solos, representada por 11 classes: Latossolo, Neossolo Litólico, Neossolo Quartzarênico, Argissolo, Plintossolo, Cambissolo, Gleissolo, Nitossolo, Chernossolo, Planossolo e Organossolo (REATTO et al., 2008).

Diante dessa heterogeneidade ambiental, a paisagem do Cerrado é composta por um mosaico florístico e estrutural da vegetação (FELFILI; SILVA-JÚNIOR, 1993; RATTER et al. 2003), que engloba as formações florestais, savânicas e campestres (RIBEIRO; WALTER, 2008). As formações savânicas compõem a classe vegetacional mais abundante, ocupando 61%, seguida das formações florestais (32%) e campestres (7%) (SANO et al. 2010; ALENCAR et al., 2020) e é a que melhor represente o bioma (EITEN, 1972). Sendo que a distribuição das espécies arbustivo-arbórea e a abundância das populações são influenciadas por fatores como: variação no relevo (SILVA et al. 2006; RATTER; DARGIE, 1992), disponibilidade de água (FERREIRA; BUSTAMANTE; DAVIDSON, 2009), regime de fogo (GOMES et al., 2020) e propriedades físico-química do solo (DANTAS; BATALHA, 2011;

HARIDASAN, 2000; NERI et al., 2013; SOARES et al., 2015). As propriedades físicas do solo, como profundidade e textura, estão associadas à altura e densidade da vegetação (COLE, 1986; RATTER; BRIDGEWATER; RIBEIRO, 2003). Por outro lado, a riqueza de espécies e composição florística apresenta associação com o teor de alumínio e teor de bases trocáveis da camada superficial do solo (RUGGIERO; PIVELLO, 2005).

Em termos de conservação do Cerrado a ocupação antrópica intensificou nas últimas décadas, tornando-o o bioma mais ameaçado do Brasil (ALENCAR et al., 2020). A expansão do agronegócio é a principal responsável pela supressão da vegetação nativa (SANO et al., 2010). Nas últimas três décadas a taxa de desmatamento foi de 0,5% ao ano, restando atualmente apenas 55% da cobertura original do Cerrado (ALENCAR et al., 2020). Por outro lado, as áreas de proteção representam apenas 8,3% do Cerrado, mas somente as áreas de proteção integral (3% do bioma) protegem efetivamente a biodiversidade (FRANÇOSO et al., 2015). Estudo realizado pela Conservação Internacional do Brasil (MACHADO et al., 2004) sugerem que se mantidas as taxas de ocupação do Cerrado em 2030 restarão como remanescentes da vegetação nativa apenas as Unidades de Conservação, Terras Indígenas e as áreas inóspitas para o agronegócio (p.ex. as áreas de afloramentos rochosos).

Diante da importância ecológica do Cerrado e das constantes ameaças que o bioma vem sofrendo cada vez mais surgem estudos voltados à sua conservação, investigando não apenas a análise florístico-estrutural, mas também a relação da vegetação com os fatores ambientais, especialmente o componente edáfico. Esses estudos buscam compreender melhor a variação na composição florística e na estrutura da vegetação ao longo do bioma, bem como quais os principais fatores condicionantes associados (BUENO et al., 2016; FRANÇOSO; HAIDAR; MACHADO, 2016; MEWS et al., 2016a).

Apesar do empenho dos pesquisadores e do aumento no número de investigações científicas, ainda não há consenso sobre quais os fatores regem a distribuição da vegetação e muitas lacunas ainda carecem de explicações quanto aos mecanismos de adaptação das espécies, em diferentes condições ambientais. Assim, o presente estudo surge com o intuito de contribuir com o avanço do conhecimento sobre os fatores locais responsáveis pela distribuição da vegetação lenhosa em três condições adjacentes de Cerrado sentido restrito (Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico, Cerrado Típico em Latossolo Vermelho e Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico) e as estratégias adaptativas das espécies arbustivo-arbóreas para colonizarem esses diferentes tipos de solos.

2. INTRODUÇÃO

As savanas ocupam 20% da superfície da terra, estão presentes nos continentes Africano, Australiano e Sul Americano (LEHMANN et al., 2011, 2014) e apresentam diferentes tipos fitofisionômicos que compõem a sua paisagem (COLE, 1986; FURLEY, 1999). Essas mudanças na vegetação ocorrem em função de diferentes fatores ambientais (LEHMANN et al., 2011, 2014; STAVER; ARCHIBALD; LEVIN, 2011; WILLIAMS et al., 1996). Na escala global, o clima e fogo se destacam como importantes filtros ambientais da vegetação nas savanas da África e Austrália (LEHMANN et al., 2011, 2014; SANKARAN et al., 2005). Ao passo que na América do Sul, onde a pluviosidade é relativamente homogênea, o solo e o fogo exercem maior influência sobre a vegetação savânica (ARRUDA et al., 2017; LEHMANN et al., 2011). Assim, em escala local e sob condições semelhantes de pluviosidade, a vegetação das savanas podem exibir características estruturais contrastantes, devido às mudanças no tipo de solo (HUTLEY; SETTERFIELD, 2008).

No Cerrado, a maior e mais biodiversa savana Neotropical (MENDONÇA et al., 2008b; SILVA; BATES, 2002), os fatores que moldam a distribuição da vegetação atuam de diferentes maneiras (CARPANEZZI et al., 1990; EITEN, 1972; FELFILI; REZENDE; SILVA-JÚNIOR, 2007; OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 2002; RATTER et al., 1996; SILVA et al., 2006). Estudos demonstraram que em escala mais ampla, a vegetação é determinada pela proximidade com outros biomas (FRANÇOSO et al., 2020; GOMES et al., 2011; MARACAHIPES et al., 2011; VIEIRA et al., 2002) e altitude (FRANÇOSO et al., 2020; RATTER; DARGIE, 1992). Já em escala local, o principal determinante da vegetação são as condições edáficas (FURLEY; RATTER, 1988; NERI et al., 2012), além do regime de fogo (COUTINHO, 1982; DIONIZIO et al., 2018; GOMES et al., 2014, 2020; MIRANDA, 2010). Portanto, o efeito dos fatores bióticos e abióticos isoladamente, bem como as suas complexas interações, determinam a variação florístico-estrutural e o funcionamento da vegetação do Cerrado.

A vegetação do Cerrado é representada pelas formações florestais, savânicas e campestres (RIBEIRO; WALTER, 2008). As formações savânicas ocupam a maior área do bioma, cerca de 61% (SANO et al., 2010). Dentre as fitofisionomias savânicas, o Cerrado sentido restrito é a mais extensa e, portanto, a que caracteriza o bioma (RIBEIRO; WALTER, 2008). Dependendo das condições ambientais e das características da vegetação, o Cerrado sentido restrito pode ser classificado em quatro subtipos: Denso, Típico, Ralo e Rupestre (RIBEIRO; WALTER, 2008). Nos subtipos Denso, Típico e Ralo o que muda é a densidade

do componente lenhoso e todos eles geralmente ocorrem em solos profundos e relevo plano, predominantemente em Latossolos e Argissolos (REATTO et al., 2008). Já o Cerrado Rupestre ocorre em solos rasos, normalmente Neossolos Litólicos, com afloramentos rochosos e relevo acidentado, sendo que a densidade de indivíduos arbustivo-arbóreos é bastante variada (PINTO et al., 2015).

Os solos no Cerrado sentido restrito são considerados ácidos, distróficos e com elevada saturação de alumínio (FURLEY, 1999; HARIDASAN, 2000; NERI et al., 2013; REATTO et al., 2008; RUGGIERO et al., 2002). Nos ambientes rupestres, as características do substrato são consideradas como fatores limitantes para o estabelecimento das plantas, devido a pouca profundidade do solo, escassez de água e baixa disponibilidade de nutrientes (ALHO; JÚNIOR; CAMPOS, 2007; BENITES et al., 2007; DANTAS et al., 2018; MESSIAS et al., 2013; SCHAEFER et al., 2016). Para se estabelecerem em ambientes com disponibilidade limitada de recursos (p.ex. nutrientes no solo) ou com situações recorrentes de estresse (p.ex. fogo), as espécies apresentam estratégias adaptativas que lhes permitem não só colonizar determinados ambientes, como também melhorar sua capacidade competitiva (ABADIA et al., 2017; HARIDASAN, 2005; LENZA et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2015).

Alterações fisiológicas ou morfológicas nos indivíduos em decorrência de sua interação com o ambiente é denominada de plasticidade fenotípica (SCHEINER, 1993). A plasticidade fenotípica não implica, necessariamente, em alterações genéticas nos indivíduos (PRICE; QVARNSTRÖM; IRWIN, 2003), resultando apenas em variações intraespecíficas (BRADSHAW, 1965). Portanto, as espécies que apresentam variações intraespecíficas em caracteres ligados à sobrevivência e competitividade apresentam vantagens adaptativas, uma vez que apresentam habilidades para colonizar novos nichos (VIA et al., 1995).

As alterações intraespecíficas também são chamadas de atributos funcionais, que são definidos como traços ou características morfológicas, fisiológicas ou fenológicas mensuráveis em nível do indivíduo e que pode afetar o crescimento, reprodução, capacidade competitiva e sobrevivência das plantas (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013; VIOLLE et al., 2007). Em diversos biomas mundiais observou-se que atributos funcionais relacionados à fixação de nutrientes e características foliares variam em resposta à disponibilidade de nutrientes no solo (ORDOÑEZ et al., 2009) e condições climáticas (NIINEMETS, 2001). Em geral, a área foliar específica tende a se relacionar positivamente com a taxa fotossintética saturada de luz e com a concentração de nutrientes no solo, ao passo que os nutrientes foliares apresentam respostas ao clima, aos recursos disponíveis no solo e à força competitiva,

enquanto a altura máxima das plantas está associada ao vigor competitivo e às respostas frente a distúrbios (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013).

No âmbito da ecologia funcional, os estudos com atributos funcionais tem se intensificado nas últimas décadas, a fim de compreender a estruturação e a funcionalidade das comunidades naturais (NIINEMETS, 2001; WESTOBY, 1998; WESTOBY et al., 2002). A partir desses estudos verificou-se, por exemplo, que espécies de ambientes com menor disponibilidade de nutrientes apresentam baixo gasto energético com a produção de tecido vegetal, reduzindo a sua demanda nutricional (MARACAHIPES et al., 2018; NIINEMETS, 2001). Também foi observado que a distribuição de espécies em habitats contrastantes ocorre devido à capacidade de alguns de seus indivíduos ajustar suas estratégias ecológicas para sobreviver em habitats com limitação de recurso, por exemplo, escassez de nutrientes e água (CÁSSIA-SILVA et al., 2017) ou ocorrência de incêndios (LENZA et al., 2017).

Diante do exposto, este estudo foi desenvolvido com o propósito de contribuir para o melhor entendimento dos fatores que influenciam a distribuição das espécies arbustivo-arbóreas no Cerrado sentido restrito, com enfoque à escala local, bem como as estratégias adaptativas das plantas lenhosas diante dos filtros ambientais. A expectativa é que as características florísticas e estruturais da vegetação do Cerrado sentido restrito em áreas adjacentes, sejam fortemente determinadas pelas propriedades edáficas, considerando que os sítios se encontram geograficamente próximos e, portanto, sob condições climáticas semelhantes e sem interferência de barreiras físicas para a dispersão das espécies entre as áreas.

3. OBJETIVO GERAL

Descrever a relação entre fatores ambientais locais com a composição florística e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea em três sítios de Cerrado sentido restrito, em diferentes tipos de solo: 1) Cerrado Típico em Latossolo Vermelho (CTLV); 2) Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico (CTNQ); e 3) Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico (CRNL). Além disso, buscou-se investigar as estratégias adaptativas das espécies lenhosas representativas de cada ambiente, baseado na relação entre os atributos funcionais e as variáveis ambientais locais. Para tanto, foram testadas as seguintes hipóteses:

- 1) O CRNL possui maior riqueza de espécies arbustivo-arbóreas, pois nesses ambientes há grande heterogeneidade ambiental o que aumenta a disponibilidade de nichos e coocorrência das espécies (ABADIA et al., 2017; ADLER et al., 2013);

- 2) Embora se espere maior riqueza no CRNL, acredita-se que este sítio apresentará menor densidade e porte dos indivíduos arbustivo-arbóreos devido aos afloramentos rochosos e baixa disponibilidade de nutrientes no solo, os quais atuam como fatores limitantes para o estabelecimento e crescimento da vegetação (ALHO; JÚNIOR; CAMPOS, 2007; BENITES et al., 2007; DANTAS et al., 2018; MEWS et al., 2016b);
- 3) As condições ambientais locais são as principais responsáveis pela variação florístico-estrutural do Cerrado sentido restrito em áreas geograficamente próximas (LEMO et al., 2013; MEWS et al., 2016a; NERI et al., 2012); e
- 4) As espécies no CRNL apresentam menor área foliar específica (SLA) e menor concentração de nutrientes foliares, devido às condições ambientais mais limitantes no ambiente rupestre (CÁSSIA-SILVA et al., 2017; JUNIOR; HARIDASAN, 2005; MARACAHIPES et al., 2018).

3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Descrever e comparar a composição florística e a estrutura da vegetação arbustivo-arbórea em Cerrado sentido restrito, considerando três diferentes tipos de solo (Latosolo Vermelho, Neossolo Quartzarênico e Neossolo Litólico);
2. Descrever e comparar as características ambientais locais (propriedades físico-químicas dos solos e relevo) em três sítios de Cerrado sentido restrito, com diferentes tipos de solo.
3. Avaliar a contribuição das variáveis ambientais locais (solo e relevo) e espaciais (coordenadas geográficas) nos padrões de distribuição das espécies arbustivo-arbóreas;
4. Investigar as estratégias adaptativas de espécies arbustivo-arbóreas do Cerrado sentido restrito em diferentes tipos de solos, com base na análise e comparação dos seguintes atributos funcionais: concentração de nutrientes foliares, área foliar específica e altura máxima das populações.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. ÁREA DE ESTUDO

Este estudo foi realizado no Parque Nacional da Serra do Cipó (PNSC), localizado no estado de Minas Gerais, na porção sudeste do bioma Cerrado (Figura 1). O PNSC está

inserido na Área de Proteção Ambiental Morro da Pedreira, na porção meridional da Cadeia do Espinhaço e abrange os municípios de Santana do Riacho, Morro do Pilar, Itambé do Mato Dentro e Jaboticatubas (FELIPPE et al., 2012). No Parque, a Serra do Cipó compreende a zona de transição entre os biomas Cerrado (a oeste) e Mata Atlântica (a leste) e divide as bacias hidrográficas do Rio Doce e do Rio São Francisco.

A vegetação na Serra do Cipó é caracterizada por formações campestres, savânicas e florestais do bioma Cerrado, bem como formações florestais da Mata Atlântica na porção leste (SANTOS; SERAFIM; SANO, 2011). O clima na região é do tipo Cwa, segundo a classificação de Köppen, e é caracterizado pelo inverno seco e verão chuvoso, com temperatura do mês mais quente maior que 22°C e no mês mais frio entre -3 e 18 °C (ALVARES et al., 2013).

O relevo é caracterizado por planícies, depressões, planaltos e regiões montanhosas, variando desde morros suaves até regiões mais acidentadas com encostas íngremes (FELIPPE et al., 2012). Na parte montanhosa, os solos em geral são ácidos, com baixo teor em matéria orgânica e nutrientes, com predominância de horizontes húmicos e com grande proporção de fração areia (BENITES et al., 2007).

Para o presente estudo foram selecionados três sítios com diferentes tipos de solos, pertencentes às fisionomias de Cerrado sentido restrito: 1) Cerrado Típico em Latossolo Vermelho (CTLV); 2) Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico (CTNQ); e 3) Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico (CRNL).

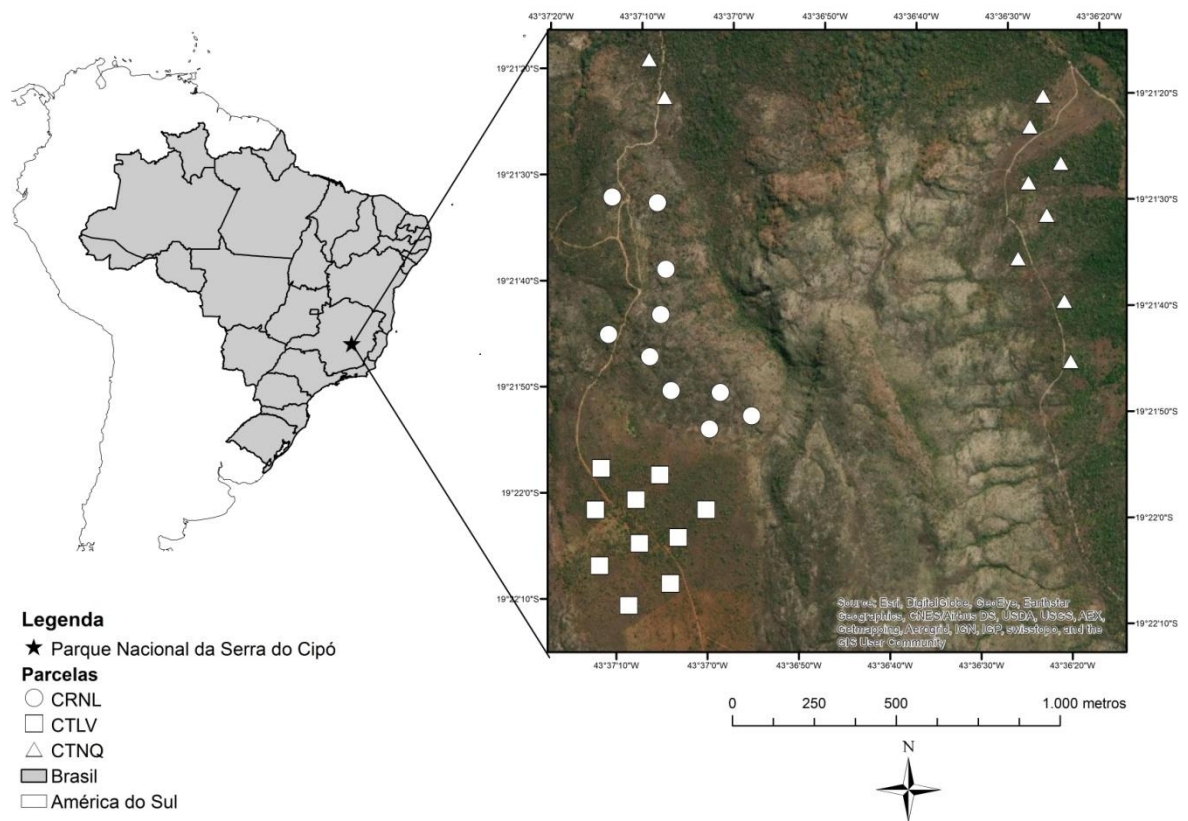


Figura 1 - Localização do Parque Nacional da Serra do Cipó em relação ao Estado de Minas Gerais, Brasil, com destaque para a distribuição das parcelas (1.000 m²) amostradas nos sítios de Cerrado sentido restrito: Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico (CRNL), Cerrado Típico em Latossolo Vermelho (CTLV) e Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico (CTNQ).

4.2. COLETA DOS DADOS

Em cada sítio foram coletados dados de solo, vegetação, relevo e coordenadas geográficas. Os dados referentes aos sítios CTNQ e CRNL são provenientes de inventários anteriores a este estudo, sendo que os dados do CRNL são parte da tese de doutorado da Sílvia da Luz Lima Mota (MOTA, 2016) e os dados do CTNQ ainda não foram publicados. Adicionalmente, realizou-se o levantamento da vegetação e das condições ambientais no CTLV para compor o conjunto de dados analisado no presente estudo.

4.2.1. Vegetação

Os três sítios foram amostrados seguindo a mesma metodologia de coleta de dados, conforme preconiza o protocolo para inventário da vegetação arbustivo-arbórea do Cerrado e o Pantanal (FELFILI; CARVALHO; HAIDAR, 2005). Em cada sítio, o inventário foi realizado em 10 parcelas com dimensões de 20 x 50 metros, distantes pelo menos 100 m entre

si (Figura 1). No total foram inventariadas 30 parcelas, o que representou 3,0 hectares de esforço amostral (1 ha em cada sítio).

Durante o inventário foram registradas as informações de identificação botânica e mensurados os valores de altura total e diâmetro da base a 30 cm do solo (Db), de todos os indivíduos lenhosos vivos com $Db \geq 5\text{cm}$, incluindo indivíduos das famílias Velloziaceae e Arecaceae, conforme adotado por Lenza et al. (2011).

Para as espécies não identificadas em campo, amostras botânicas foram coletadas e posteriormente herborizadas e identificadas por meio de consultas a especialistas, literatura específica e comparações com as coleções disponíveis nos herbários da Universidade de Brasília (UB) e Embrapa - CENARGEN (CEN). A lista de táxons foi atualizada a partir do banco de dados da Flora do Brasil 2020 (FORZZA, 2020) e a classificação botânica foi feita de acordo com o sistema APG (*Angiosperm Phylogeny Group*) (APG IV, 2016).

4.2.2. Solo

Para amostragem dos solos, inicialmente foram coletadas amostras simples na camada de 0-20 cm de profundidade, em três pontos ao longo da diagonal de cada parcela, ou seja, uma amostra simples em cada um dos vértices opostos e outra no ponto central da parcela. As três amostras simples foram homogeneizadas e acondicionadas em sacos plásticos, resultando em uma amostra composta de aproximadamente 250 g por parcela. Assim, foram obtidas 10 amostras compostas de solo por sítio. As trinta amostras compostas foram submetidas à análises para obtenção das propriedades físicas e químicas, de acordo com o protocolo da EMBRAPA (TEIXEIRA et al., 2017).

4.2.3. Atributos funcionais

Para análise dos atributos funcionais foram escolhidas as espécies mais representativas de cada sítio, espécies restritas de cada ambiente e também espécies de ocorrência comum a todos eles. Para isso, foram selecionadas espécies abundantes e/ou com boa distribuição entre as parcelas de cada sítio (frequência absoluta > 80%). Ao todo, foram selecionadas 10 espécies, sendo quatro de ocorrência restrita ao CRNL (*Wunderlichia mirabilis* Riedel ex Baker, *Vellozia variabilis* Mart. ex Schult. & Schult.f., *Qualea cordata* (Mart.) Spreng. e *Kielmeyera lathrophyton* Saddi), quatro de ocorrência comum aos três sítios (*Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne, *Pouteria ramiflora* (Mart.) Radlk., *Aspidosperma tomentosum* Mart. & Zucc. e *Handroanthus ochraceus* (Cham.) Mattos) e duas de ocorrência

restrita aos sítios CTNQ e CTLV (*Kielmeyera coriaceae* Mart. & Zucc. e *Stryphnodendron adstrigens* (Mart.) Coville).

Para cada espécie foram obtidos os seguintes atributos funcionais: macro e micronutrientes foliares (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn, Fe, Mn e Cu), área foliar específica (SLA) e altura máxima das populações, em cada sítio.

Para mensuração dos atributos, foram coletadas cinco folhas adultas totalmente expandidas e sem danos aparentes, de cada espécie, em cada uma das parcelas. Todas as folhas foram digitalizadas e as áreas foliares foram calculadas através do pacote *EImage* (PAU et al., 2010), do software R (R CORE TEAM, 2019). Em seguida, as folhas foram armazenadas em sacos de papel e secas em estufa a 60° C, aproximadamente, por pelo menos 72 h, conforme recomendado por Pérez-Harguindeguy et al., (2013). Após secagem, as folhas foram pesadas em balança de precisão (0,001 g) para a obtenção da massa seca individual e, em seguida, encaminhadas ao laboratório para obtenção da concentração dos macro e micronutrientes foliares.

A área foliar específica (SLA) foi determinada pela razão entre área foliar (mm²) e massa seca foliar (mg) (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013). As mesmas folhas utilizadas na mensuração da SLA foram submetidas à análise laboratorial para determinação da concentração dos macro e micro nutrientes foliares, de acordo com o protocolo de Malavolta et al. (1989). A altura máxima (H_{máx}) por população foi obtida com base nos dados coletados na ocasião do inventário florestal.

4.3. ANÁLISE DOS DADOS

4.3.1. Suficiência amostral e riqueza de espécies

A suficiência amostral de cada sítio foi verificada comparando a riqueza observada e a riqueza estimada, baseada no índice de Jackknife I. Para o cálculo da riqueza estimada foi utilizado a função *ChaoSpecies*, do pacote *SpadeR* no software R 3.5.3 (R CORE TEAM, 2019). Ao passo que a riqueza de espécies foi verificada por meio da curva de rarefação de espécies, baseada no número de indivíduos e com intervalo de confiança de 95% (GOTELLI; COLWELL, 2001), calculada no software PAST (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001).

4.3.2. Similaridade florística e diversidade beta

A similaridade florística entre sítios foi avaliada por meio de análise de classificação baseada na matriz de dissimilaridade de Bray-Curtis (FAITH; MINCHIN; BELBIN, 1987) e

construída a partir dos dados de abundância das populações, considerando que a densidade de indivíduos é um importante fator de diferenciação entre os tipos vegetacionais do Cerrado (ABADIA et al., 2017; GOMES et al., 2016; LIMA et al., 2010; MEWS et al., 2014). Para tanto, foram testados três métodos de análises de agrupamento hierárquico (*Single*, UPGMA e *Complete*), utilizando o pacote *vegan* do software R (R CORE TEAM, 2019). A escolha do melhor agrupamento baseou-se na maior correlação cofenética e na menor distância de Gower (GOWER, 1971).

A diversidade alfa foi avaliada por meio de Perfis de Diversidade, a partir da série de Hill (1973), considerando intervalos de confiança de 95% de probabilidade e tomando como base os perfis de ordem 1, que equivalem ao Índice de diversidade de Shannon (TÓTHMÉRÉSZ, 1995). Os perfis foram construídos com o pacote *iNEXT* do software R 3.5.3 (R CORE TEAM, 2019).

4.3.3. Estrutura da vegetação

A estrutura da vegetação foi descrita por meio do valor de importância (VI) das espécies e pela comparação entre as medianas de diâmetro e altura, entre os sítios. O VI de cada espécie consiste na soma dos valores relativos de densidade, dominância e frequência da respectiva espécie (KENT, M. E COKER, 1992) e foi obtido com base no software Mata Nativa (CIENITEC, 2006). Para verificar diferenças nos valores de diâmetro e de altura entre os sítios, comparou-se os valores medianos destas variáveis por meio do teste de Mann-Whitney, utilizando o software PAST (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001). Para representação gráfica das medianas utilizou-se gráficos do tipo boxplot, também gerados no software PAST (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001).

4.3.4. Variáveis ambientais

As diferenças entre as variáveis ambientais de cada sítio foram verificadas aplicando-se o teste de Kruskal-Wallis (HOLLANDER; WOLFE, 1973) para todas as variáveis ambientais (P, K, Ca, Mg, MO, S, Al, Zn, B, Cu, Fe, Mn, CTC, V, m, pH, Argila, Silte, Areia e Altitude), seguido do teste de comparações múltiplas de Dunn (DUNN, 1964). Ambos os testes são não-paramétricos e foram utilizados devido às variáveis ambientais não apresentarem normalidade em suas distribuições, o que foi verificado através do teste Shapiro-Wilk. Todos os testes foram realizados no software R (R CORE TEAM, 2019), sendo que para o teste de Kruskal-Wallis utilizou-se o pacote *agricolae* (MENDIRIBU, 2009), para

o teste de Dunn, o pacote *FSA* (DUNN, 1964) e para o teste Shapiro-Wilk utilizou-se o pacote *stats*.

Em seguida, foi feita a seleção supervisionada de variáveis com o objetivo de refinar as variáveis utilizadas na análise de ordenação. Para isso, realizou-se uma Análise de Componentes Principais - PCA preliminar, com as 21 variáveis ambientais (P, K, Ca, Mg, MO, S, Al, Na, Zn, B, Cu, Fe, Mn, CTC, V, m, pH, Argila, Silte, Areia e Altitude). Antes de efetuar a análise, os dados foram normalizados para ficar entre o intervalo de 0 e 1.

Em seguida, foram eliminadas as variáveis que apresentaram baixa correlação com os dois primeiros eixos da PCA ($r < |0,3|$ (Anexo 4) ou que possuíam multicolinearidade com mais de uma variável ($\rho > |0,6|$), avaliada por meio da matriz de correlação de *Spearman* (Anexo 5). As variáveis P e pH foram mantidas mesmo apresentando baixa correlação com os eixos da PCA, por serem variáveis de grande importância ecológica, visto que a acidez e o fósforo possuem uma relação importante com a distribuição das plantas no Cerrado (MIRANDA et al., 2020; RUGGIERO; PIVELLO, 2005).

Sendo assim, as variáveis ambientais selecionadas foram: Argila, m, pH, Ca, P, MO e Altitude. Com essas variáveis realizou-se a PCA final, cuja representação gráfica foi construída a partir da plotagem dos dois primeiros eixos. Tanto a análise de componentes principais (PCA), quanto a matriz de correlação de *Spearman* foram conduzidas no software PAST (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001).

4.3.5. Efeito do espaço e ambiente na vegetação

Para avaliar os efeitos do ambiente e do espaço na vegetação, dividiu-se o conjunto de variáveis preditoras em frações puramente ambiental (A), puramente espacial (B), frações compartilhadas entre elas (A+B) e em fração não explicada (Resíduos). Para tanto, foi utilizada a análise de Partição de Variância baseada em modelos de Análise de Redundância (*Redundancy Analysis* - RDA) (LEGENDRE; BORCARD; ROBERTS, 2012), com o auxílio do pacote *vegan*.

Para análise de partição de variância, as variáveis preditoras são representadas pelas variáveis ambientais utilizadas na PCA final, descrita no item anterior, e pelas coordenadas geográficas centrais de cada parcela. Já a variável resposta foi representada pelos dados de abundância de indivíduos. O método de seleção progressiva (*forward selection*) das variáveis ambientais foi utilizado com base no algoritmo desenvolvido por Blanchet *et al.* (2008) e

submetemos a matriz de abundância à transformação de Hellinger. A transformação de Hellinger consiste na raiz quadrada dos valores e é indicada para dados ecológicos de abundância (LEGENDRE; GALLAGHER, 2001). A Análise de Variância (*Analysis of Variance* - ANOVA) foi usada para testar a significância das frações puras (A e B).

Todas as análises citadas acima foram processadas no Software *R* 3.5.3 (R CORE TEAM, 2019), adotando o nível de significância de 5%.

4.3.6. Espécies indicadoras

Para verificar quais as espécies mais relacionadas com cada sítio, realizou-se a análise de espécies indicadoras (IndVal), como proposto por Dufrene e Legendre (1997). A IndVal classifica as espécies combinando o grau de especificidade de uma determinada espécie com as condições ecológicas do local de sua ocorrência, por exemplo, tipo de habitat e a fidelidade à esta condição ambiental, medida através da sua porcentagem de ocorrência (MCGEOCH; VAN RENSBURG; BOTES, 2002).

A análise foi realizada por meio da função *indval* do pacote *labdsv* no Software *R* 3.5.3 (R CORE TEAM, 2019). O valor de indicação (*Indicator value – Indval*) varia de 0 a 100%, onde as espécies com mais de 70% são consideradas indicadoras para determinado ambiente e aquelas entre 45 e 70% são consideradas espécies detectoras, ou seja, que apresentam certa sensibilidade às mudanças ambientais, mas ainda não são consideradas indicadoras (MCGEOCH; VAN RENSBURG; BOTES, 2002). Sendo assim, os resultados foram apresentadas apenas as espécies com IndVal superior a 45%.

Para melhor visualização da distribuição das espécies indicadoras e detectoras nos sítios, foi gerado um gráfico genérico de ordenação relacionando a abundância de indivíduos com as variáveis ambientais. Este gráfico foi construído no software *R* (R CORE TEAM, 2019) com o auxílio do pacote *graphics*.

4.3.7. Atributos funcionais

Para verificar diferenças entre os atributos funcionais das espécies de cada sítio foram adotados os mesmos procedimentos utilizados para os dados ambientais, ou seja, primeiro foi aplicado o teste de Kruskal-Wallis (HOLLANDER; WOLFE, 1973) para todos os atributos funcionais (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn, Fe, Mn, Cu, SLA e altura), seguido do teste de comparações múltiplas de Dunn (DUNN, 1964). Ambos os testes são não-paramétricos e foram utilizados devido às variáveis ambientais não apresentarem normalidade

em suas distribuições, o que foi verificado através do teste Shapiro-Wilk. Todos os testes foram realizados no software R (R CORE TEAM, 2019), sendo que para o teste de Kruskal-Wallis utilizou-se o pacote *agricolae* (MENDIRIBU, 2009), para o teste de Dunn, o pacote *FSA* (DUNN, 1964) e para o teste Shapiro-Wilk utilizou-se o pacote *stats*.

Adicionalmente, foi feita uma análise de ordenação (PCA) preliminar utilizando os 13 atributos funcionais (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn, Fe, Mn, Cu, SLA e H_{máx}). Antes de efetuar a análise, os dados foram normalizados para ficar entre o intervalo de 0 e 1. Em seguida, foram eliminados os atributos que apresentavam baixa correlação com os dois primeiros eixos da PCA ($r < |0,3|$) (Anexo 7) ou que possuíam multicolinearidade com mais de uma variável ($r > |0,6|$), avaliada por meio da matriz de correlação de *Spearman* (Anexo 8). A variável H_{máx} foi mantida mesmo apresentando baixa correlação com os eixos da PCA, por ser uma variável de grande importância ecológica, estando associada ao vigor competitivo e à respostas da planta frente a distúrbios (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013).

Sendo assim, os atributos funcionais utilizados na PCA final foram: SLA, P, K, Ca, Mg e H_{máx}. Tanto a análise de componentes principais (PCA), quanto a matriz de correlação de *Spearman* foram conduzidas no software PAST (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001).

5. RESULTADOS

5.1. SUFICIÊNCIA AMOSTRAL E RIQUEZA DE ESPÉCIES

O Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico (CTNQ) apresentou maior riqueza florística, com 69 espécies, seguido do Cerrado Típico em Latossolo Vermelho (CTLV), com 58 espécies e do Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico (CRNL), 49 espécies (Anexo 1). Esses valores correspondem a 86%, 85% e 91% das respectivas riquezas estimadas pelo índice de Jackknife I, ou seja, a amostragem foi representativa pois registrou mais de 85% da riqueza potencial em cada sítio.

As curvas de rarefação também mostraram maior riqueza de espécies no sítio CTNQ e menor no sítio CRNL (Figura 2). Contudo, o CRNL apresentou maior número de indivíduos (1.990 ind.ha⁻¹), seguido de CTLV e CTNQ, com 1.332 ind.ha⁻¹ e 1.241 ind.ha⁻¹, respectivamente. Vale destacar que 58,5% dos indivíduos do CRNL correspondem às espécies do gênero *Vellozia*.

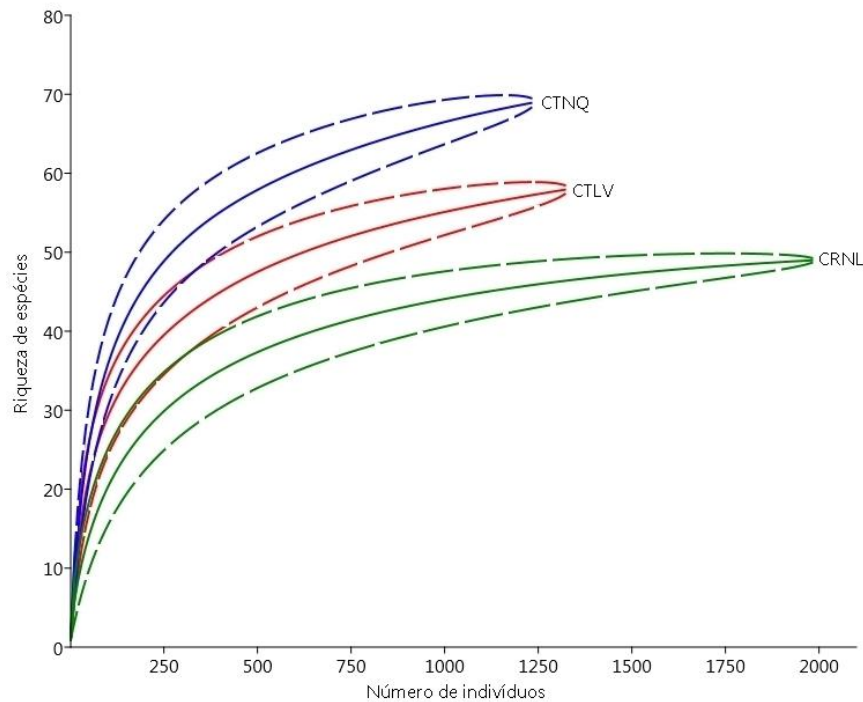


Figura 2 - Curvas de rarefação baseadas no número de indivíduos, em função da riqueza de espécies arbustivo-arbóreas registrada no Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico (verde), Cerrado Típico em Latossolo Vermelho (vermelho) e Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico (azul), amostrados no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. As linhas tracejadas representam o intervalo de confiança à 95%.

5.2. SIMILARIDADE FLORÍSTICA E DIVERSIDADE ALFA

O melhor agrupamento de similaridade florística foi obtido pelo método UPGMA (*Unweighted Pair-Group Average*), que apresentou maior correlação cofenética (0,90) e menor distância de Gower (2,6) (Anexo 2). Utilizando o nível de corte $k = 4$, pode-se observar que se formaram grupos bem definidos, evidenciando maior similaridade florística entre as parcelas de um mesmo sítio (Figura 3), com exceção da parcela 21 do CTNQ que ficou agrupada com as parcela do CTLV. O CRNL foi subdividido em dois grupos, evidenciando maior heterogeneidade dentro deste sítio.

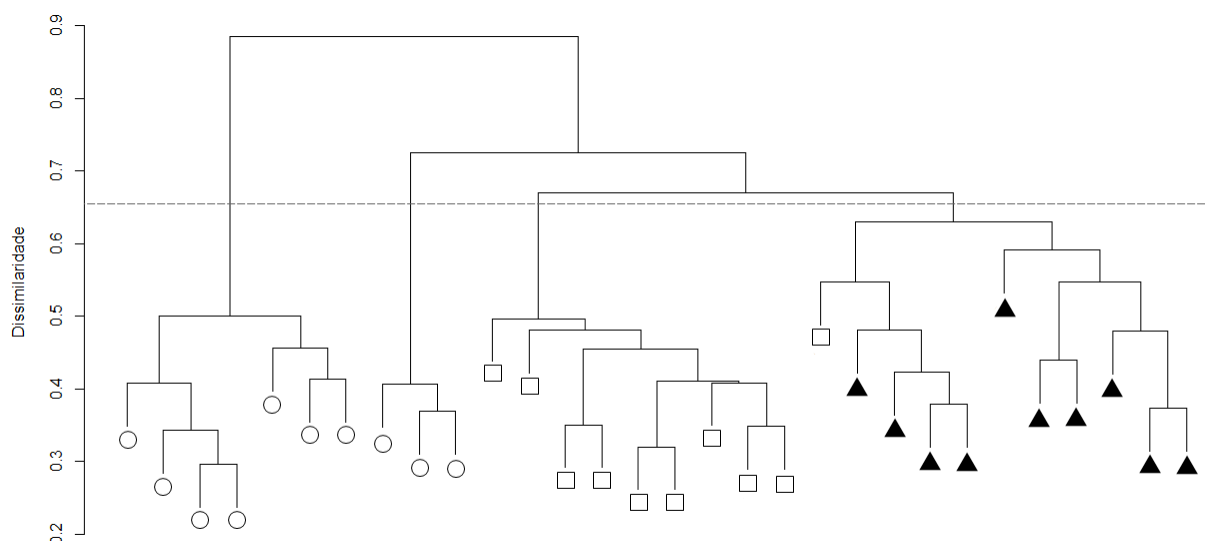


Figura 3 - Dendrograma de similaridade florística baseado no método UPGMA para a vegetação arbustivo-arbórea amostrada no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. ○ = parcelas de Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico; ▲ = parcelas de Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico; □ = parcelas de Cerrado Típico em Latossolo Vermelho. A linha tracejada representa o nível de corte $k = 4$.

O CTNQ foi o sítio que apresentou a maior diversidade alfa (Figura 4). Ao passo que o CTLV e CRNL apresentaram diversidade similares, uma vez que o intervalo de confiança (95%) das curvas se sobrepuseram parcialmente.

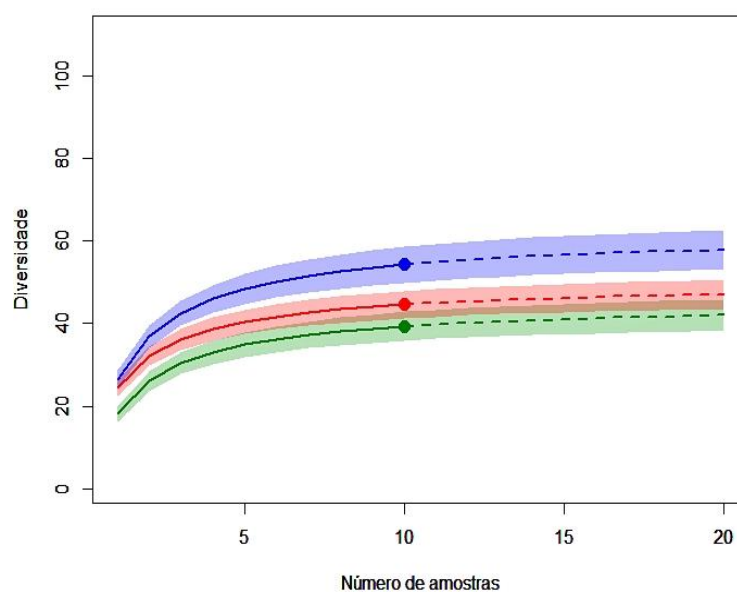


Figura 4 - Perfis de diversidade baseados na série de Hill de ordem 1 para a vegetação arbustivo-arbórea amostrada no Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico (verde), Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico (azul) e Cerrado Típico em Latossolo Vermelho (vermelho), Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. A linha tracejada corresponde a projeção do valor

estimado e as faixas ao longo da curva representam o intervalo de confiança a 95%.

5.3. ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO

Na análise da estrutura horizontal da vegetação destacam-se as espécies que contribuíram com mais de 50% do VI nas comunidade dos três sítios (Figura 5). No CRNL apenas cinco espécies somaram 55,6% do VI (Anexo 9), enquanto que no CTNQ foram necessárias 12 espécies para alcançar 51,17% do VI (Anexo 10) e no CTLV nove espécies representaram 50,84% do VI (Anexo 11). A contribuição das espécies foi diferente entre os sítios, sendo que nenhuma espécie ocorreu simultaneamente entre as de maior VI nos três sítios. Apenas quatro espécies estiveram presentes em mais de um sítio, são elas: *Annona crassiflora*, *Hymenaea stigonocarpa* e *Pouteria ramiflora* no CTNQ e no CTLV e *Eremanthus elaeagnus* no CTNQ e CRNL.

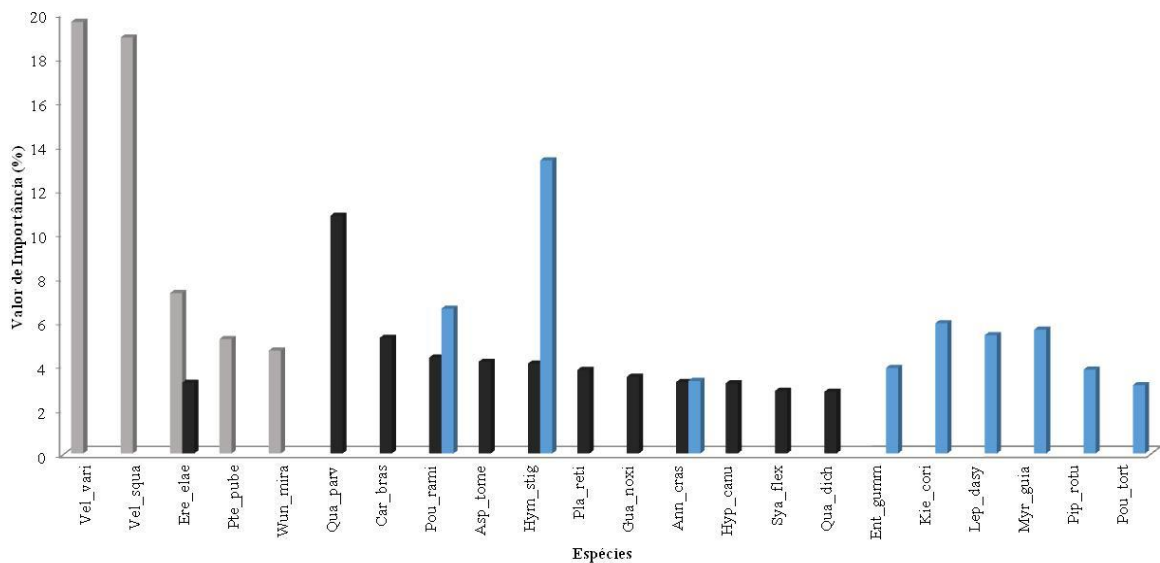
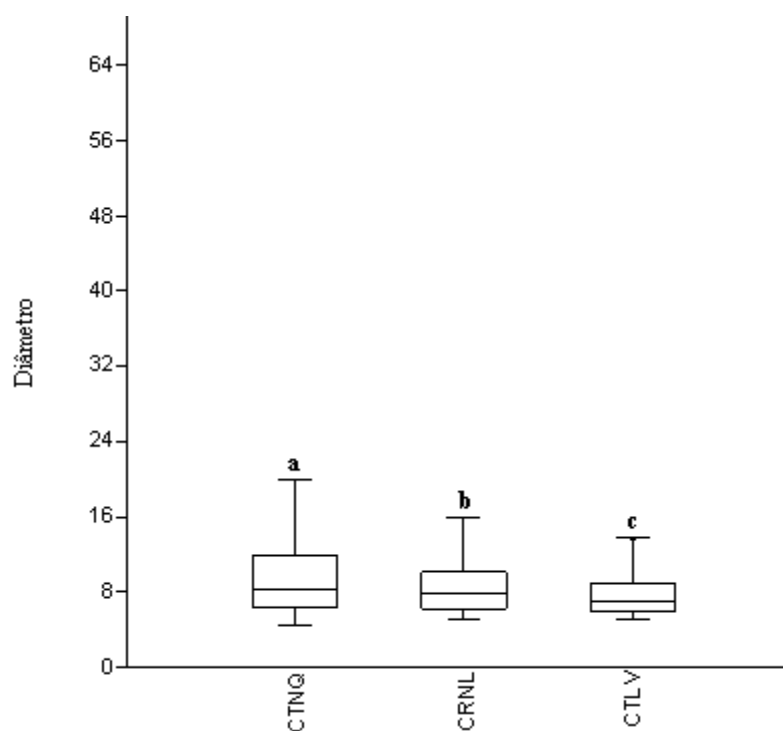


Figura 5 - Espécies arbustivo-arbóreas que contribuíram com mais de 50% do Valor de Importância no Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico (azul), Cerrado Típico em Latossolo Vermelho (preto) e Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico (cinza), amostrados Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. As espécies estão listadas com o nome científico abreviado (p.ex. Pou_rami = *Pouteria ramiflora*).

As medianas de altura e de diâmetro foram significativamente diferentes entre os sítios ($p < 0,05$ para o teste de Mann-Whitney), sendo que o CTNQ apresentou indivíduos mais altos e mais grossos, o CRNL apresentou indivíduos mais baixos, com diâmetro intermediário e o CTLV apresentou indivíduos com altura intermediária e mais finos. Dessa forma, o porte da vegetação seguiu o gradiente $CTNQ > CRNL > CTLV$ para o diâmetro e

CTNQ > CTLV > CRNL para altura. A representação gráfica das medianas em boxplots são apresentadas nas figuras a seguir.

Figura 6 – Representação em boxplot dos valores de diâmetro dos indivíduos em cada sítio. CRNL = Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico, CTNQ = Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico; CTLV = Cerrado Típico em Latossolo Vermelho. Letras diferentes entre sítios indicam diferenças significativas pelo teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$).



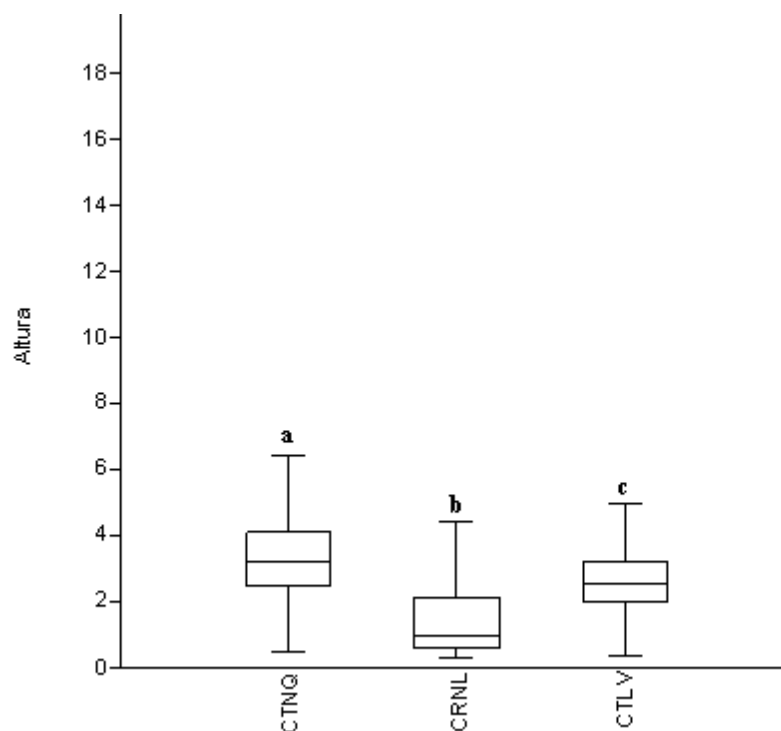


Figura 7 – Representação em boxplot dos valores de altura dos indivíduos em cada sítio. CRNL = Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico, CTNQ = Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico; CTLV = Cerrado Típico em Latossolo Vermelho. Letras diferentes entre sítios indicam diferenças significativas pelo teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$).

5.4. SOLOS

Os três sítios apresentaram solos distróficos ($V < 50\%$), expressando elevada acidez ($\text{pH} < 4,3$) e baixos teores de nutrientes (Tabela 1). A maioria das propriedades físico-químicas dos solos apresentaram diferenças significativas entre os sítios. Ao analisar as principais variáveis associadas à qualidade química do solo (teores de macro e micronutrientes, MO e CTC), foi possível observar que o CRNL apresentou os maiores valores, seguido do CTLV e por último o CTNQ.

Tabela 1 - Comparação das variáveis ambientais entre Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico (CRNL), Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico (CTNQ) e Cerrado Típico em Latossolo Vermelho (CTLV), amostrados no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. Letras diferentes para a mesma variável indicam diferenças significativas pelo teste de Dunn ($p < 0,05$).

Unidade	Variáveis ambientais	CRNL	CTLV	CTNQ	<i>p</i>
cmolc/dm ³	Ca #	0,35±0,16 a	0,22±0,04 b	0,2±0 b	0,0017
	Mg	0,18±0,06 a	0,12±0,04 b	0,1±0 b	0,0023
	Al	1,62±0,36	1,48±0,33	1,82±0,46	0,2137
	K	0,11±0,05	0,1±0,03	0,1±0,02	0,9666
	CTC	9,32±1,39 a	5,75±0,84 b	6,1±1,18 b	0,0002
mg/dm ³	P #	3,97±1,94 a	0,71±0,14 b	1,75±0,75 a	< 0,0001
	S	3,23±1,8	3,54±1,99	1,84±0,51	0,0833
	Na	4,4±0,7 b	9,8±0,48 a	4,1±0,32 b	< 0,0001
	Zn	0,71±0,25 a	0,92±0,25 a	0,25±0,07 b	< 0,0001
	B	0,22±0,05 b	0,37±0,07 a	0,23±0,05 b	0,0002
	Cu	0,3±0,19 b	1,36±0,51 a	0,25±0,07 b	< 0,0001
	Fe	106,27±47,01 a	37,34±14,59 b	110,6±26,13 a	0,0001
	Mn	11,18±16,1 b	45,66±14,22 a	11,66±12,79 b	0,0005
g/kg	Argila #	80±15,63 b	510±95,22 a	82±10,33 b	< 0,0001
	Silte	40±8,16 b	114±12,65 a	42±10,33 b	< 0,0001
	Areia	880±22,11 a	376±106,9 b	876±19,55 a	0,0001
M	Altitude #	933,6±47,66 b	977,8±11,16 a	819±8 c	< 0,001
%	V	6,97±2,02	8,56±1,94	7,15±1,43	0,1573
	m #	71,85±7,88 b	76,43±5,73 ab	81,19±3,68 a	0,0148
	MO #	5,88±3,45 a	2,58±0,28 b	2,15±0,38 b	0,0001
	pH #	3,57±0,24 b	3,95±0,11 a	3,93±0,11 a	0,0004

* Valor *p* do teste de Kruskal-Wallis; # = variáveis ambientais utilizadas na Análise de Componentes Principais; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; Al = Alumínio; K = Potássio; P = Fósforo; MO = matéria orgânica; S=Enxofre; Na = Sódio; Zn = Zinco; B= Boro; Cu = Cobre; Fe=Ferro; Mn = Manganês; CTC = capacidade de troca catiônica; V = Saturação por bases; e m = saturação de alumínio.

A análise de componentes principais para as variáveis de solo indicou separação clara entre os sítios, sendo que os dois primeiros eixos explicaram 82,2% da variação acumulada dos dados (Figura 8). O eixo 1 refletiu a variação de acordo com as propriedades química do solo e o eixo 2 refletiu a variação ao longo do gradiente de altitude e textura do solo. O padrão de dispersão das parcelas corrobora, em parte, com os resultados da comparação direta das variáveis ambientais entre os sítios. O CRNL se correlacionou positivamente com teores de Ca, MO e P no solo, presentes no lado direito do diagrama de ordenação. O CTLV apresentou forte correlação com altitudes mais elevadas, se posicionando no canto superior do lado esquerdo do diagrama, ao passo que CTNQ apresentou correlação

positiva com a saturação por alumínio, agrupando as parcelas no canto inferior do lado esquerdo. Os maiores valores de pH estiveram associados aos sítios de Cerrado Típico (CTNQ e CTLV), apresentando correlação negativa com o CRNL. As parcelas dos sítios CTLV e CTNQ apresentaram maior coesão na dispersão, ao passo que no CRNL, o espalhamento foi mais amplo, indicando heterogeneidade nas condições ambientais neste sítio.

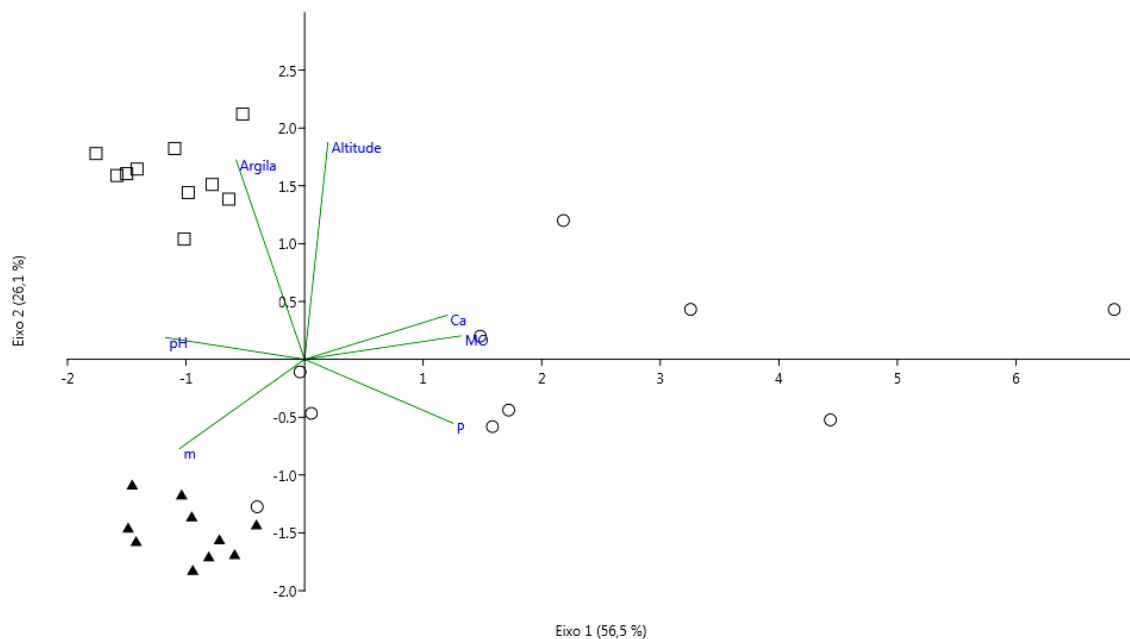


Figura 8 - Análise de Componentes Principais das variáveis ambientais (solo e relevo) amostradas no Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico (○), Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico (▲) e Cerrado Típico em Latossolo Vermelho (□), no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. MO = Concentração de Matéria Orgânica no solo; P = Teor de Fósforo no solo; Ca = Teor de Cálcio no solo; m = Saturação por Alumínio.

5.5. EFEITO DO ESPAÇO E AMBIENTE

A partição de variância revelou que o componente puramente ambiental exerceu forte influência sobre a distribuição da vegetação (26%), sendo duas vezes maior que a fração compartilhada ambiente + espaço (12%) e quase quatro vezes maior que a fração puramente espacial (9%) (Figura 9). A fração não explicada pelo conjunto de variáveis ambientais analisadas correspondeu a 53%.

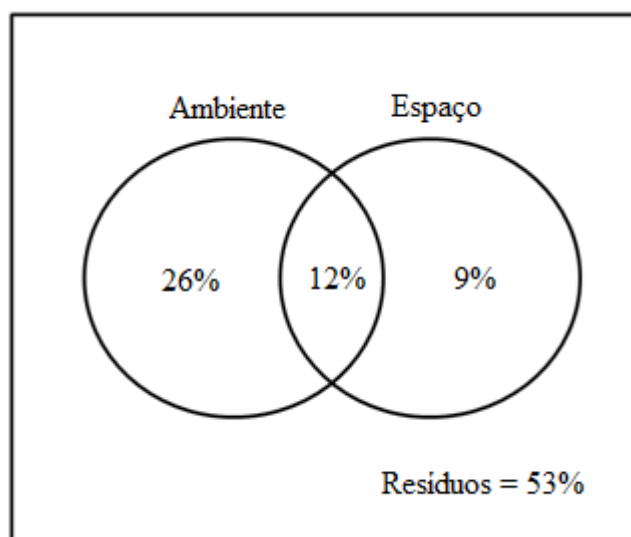


Figura 9 - Partição de variâncias entre os componentes que explicam a variação na composição florístico-estrutural no Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico, Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico e Cerrado Típico em Latossolo Vermelho, amostrados no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. Valor p para fração Ambiente = 0,001; Valor p para fração Espaço = 0,001

5.6. ESPÉCIES INDICADORAS

Foram encontradas sete espécies indicadoras, sendo três no CRNL (*Vellozia squamata*, *Vellozia variabilis* e *Kielmeyera lathrophyton*), duas no CTNQ (*Caryocar brasiliense* e *Qualea parviflora*) e duas no CTLV (*Erythroxylum tortuosum* e *Erythroxylum suberosum*). Além disso, outras 22 espécies foram classificadas como detectoras, sendo sete no CRNL, cinco no CTNQ e dez no CTLV (Tabela 2).

Tabela 2 - Espécies indicadoras e detectoras registradas no Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico (CRNL), Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico (CTNQ) e Cerrado Típico em Latossolo Vermelho (CTLV), amostrados no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. As espécies estão listadas em ordem decrescente do Valor indicador (*Indval*).

Espécie	Indval	Valor p	Classificação	Sítio
<i>Vellozia squamata</i> Pohl	88%	0,001	Indicadora	CRNL
<i>Vellozia variabilis</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.	86%	0,001	Indicadora	CRNL
<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	79%	0,001	Indicadora	CTNQ
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	79%	0,001	Indicadora	CTNQ
<i>Kielmeyera lathrophyton</i> Saddi	75%	0,001	Indicadora	CRNL
<i>Erythroxylum tortuosum</i> Mart.	74%	0,002	Indicadora	CTLV
<i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil.	73%	0,002	Indicadora	CTLV
<i>Vochysia thyrsoidea</i> Pohl	69%	0,001	Detectora	CRNL
<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.	66%	0,001	Detectora	CTLV
<i>Byrsonima pachyphylla</i> A.Juss.	66%	0,001	Detectora	CTLV
<i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker	66%	0,003	Detectora	CTLV
<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	65%	0,001	Detectora	CTLV
<i>Leptolobium dasycarpum</i> Vogel	63%	0,004	Detectora	CTLV
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	61%	0,001	Detectora	CTLV
<i>Machaerium opacum</i> Vogel	61%	0,001	Detectora	CTNQ
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	59%	0,003	Detectora	CTLV
<i>Qualea dichotoma</i> (Mart.) Warm.	58%	0,001	Detectora	CTNQ
<i>Eremanthus elaeagnus</i> (Mart. ex DC.) Sch.Bip.	57%	0,007	Detectora	CRNL
<i>Erythroxylum campestre</i> A.St.-Hil.	57%	0,006	Detectora	CRNL
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart. & Zucc.	56%	0,003	Detectora	CTNQ
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	55%	0,005	Detectora	CTNQ
<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	52%	0,003	Detectora	CRNL
<i>Kielmeyera speciosa</i> A.St.-Hil.	50%	0,001	Detectora	CTLV
<i>Qualea cordata</i> (Mart.) Spreng.	48%	0,006	Detectora	CRNL
<i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J.F.Macbr.	48%	0,016	Detectora	CTLV
<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schldtl.) K.Schum.	48%	0,026	Detectora	CTLV
<i>Wunderlichia mirabilis</i> Riedel ex Baker	47%	0,003	Detectora	CRNL
<i>Syagrus comosa</i> (Mart.) Mart.	47%	0,019	Detectora	CRNL
<i>Syagrus flexuosa</i> (Mart.) Becc.	46%	0,009	Detectora	CTNQ

O gráfico genérico de ordenação direta forneceu uma visualização clara da distribuição das espécies indicadoras e detectoras ao longo dos sítios (Figura 10), onde é possível visualizar a ocorrência e densidade das espécies nas parcelas. Além disso, destaca-se que as espécies indicadoras foram aquelas de maior abundância e/ou frequência em seu sítio correspondente.

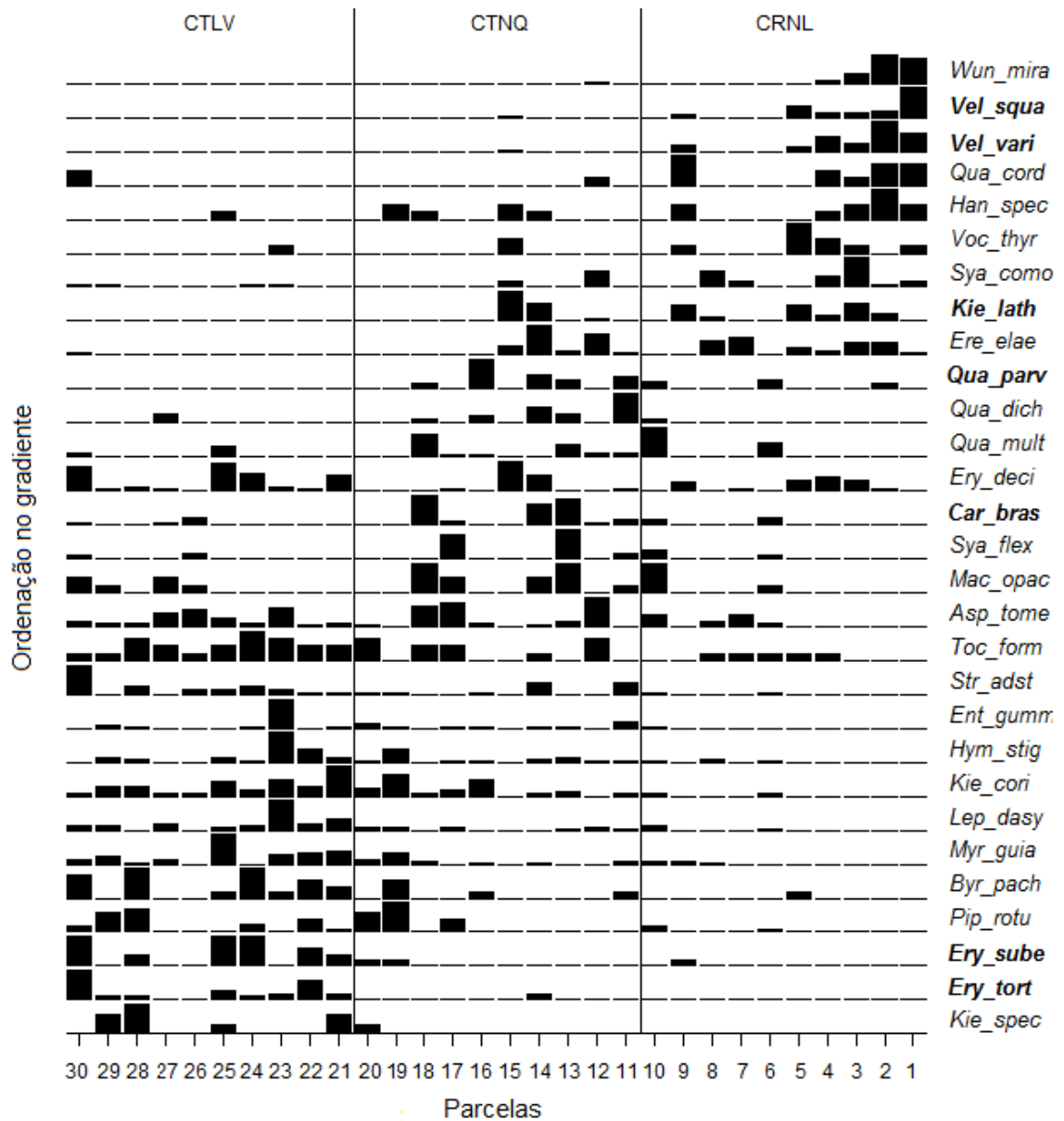


Figura 10 - Gráfico genérico de ordenação direta das espécies indicadoras e detectoras relacionando a abundância de indivíduos com as variáveis ambientais. As barras representam a densidade da espécie em cada parcela e as espécies em negrito representam as espécies indicadoras ($Indval > 70\%$). CTLV = Cerrado Típico em Latossolo Vermelho; CTNQ = Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico; e CRNL = em Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico.

5.7. ATRIBUTOS FUNCIONAIS

Dos atributos funcionais analisados, apenas cinco foram significativos: P, B, Fe, SLA e altura máxima (Tabela 3). Todos os atributos significativos tiveram seus maiores valores associados ao CTNQ e os menores valores foram associados ao CRNL, com destaque para o teor de ferro, que foi maior no CTNQ e as menores alturas foram associadas ao CRNL. O sítio

CTLV apresentou valores intermediários, ora semelhantes ao CTNQ, ora semelhantes ao CRNL.

Tabela 3 - Comparação dos atributos funcionais entre Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico (CRNL), Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico (CTNQ) e Cerrado Típico em Latossolo Vermelho (CTLV), amostrados no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. Letras diferentes para a mesma variável indicam diferenças significativas pelo teste de Dunn ($p < 0,05$).

Atributos funcionais	CRNL	CTLV	CTNQ	valor p^*
N	14,11±4,02	15,30±4,40	15,77±5,36	0,156
P	0,64±0,21 b	0,84±0,41 ab	1,07±0,77 a	0,020
K	8,87±3,77	9,04±3,11	9,79±4,53	0,619
Ca	3,45±2,21	4,57±3,03	3,93±2,48	0,088
Mg	1,63±0,77	2,06±1,27	1,84±1,03	0,279
S	1,03±0,43	1,1±0,37	1,13±0,44	0,201
B	28,42±16,87 b	34,04±19,55 ab	37,8±21,5 a	0,014
Zn	23,21±10,93	21,26±7,16	23,17±9,69	0,715
Fe	58,97±38,7 c	114,29±75,79 b	143,61±75,8 a	< 0,001
Mn	368,4±324,87	419,85±395,82	371,07±390,61	0,620
Cu	6,03±3,31	6,83±2,47	6,8±3,41	0,075
SLA	5,38±2,18 b	5,79±1,46 ab	6,45±2,07 a	0,004
Hmáx	4,30±1,29 a	5,32±1,03 b	6,70±2,48 c	< 0,001

* Valor p do teste de Kruskal-Wallis. N = Nitrogênio; P = Fósforo; K = Potássio; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; S=Enxofre; B= Boro; Zn = Zinco; Fe=Ferro; Mn = Manganês; Cu = Cobre; SLA = área foliar específica; Hmáx = Altura máxima.

A análise de ordenação (PCA) mostrou que os atributos funcionais avaliados não foram suficientes para separar claramente os sítios, com base nas espécies selecionadas, mesmo os dois primeiros eixos explicando quase 74% da variação dos dados. Por outro lado, é possível observar agrupamento claro entre as espécies comuns, onde todas as espécies com ocorrência em mais de um sítio, ficaram próximas entre si (p.ex. *Pouteria ramiflora* e *Handroanthus ochraceus*) ou apontaram para a mesma tendência de correlação com os atributos funcionais (p.ex. *Aspidosperma tomentosa* e *Hymenaea stigonocarpa*) (Figura 11).

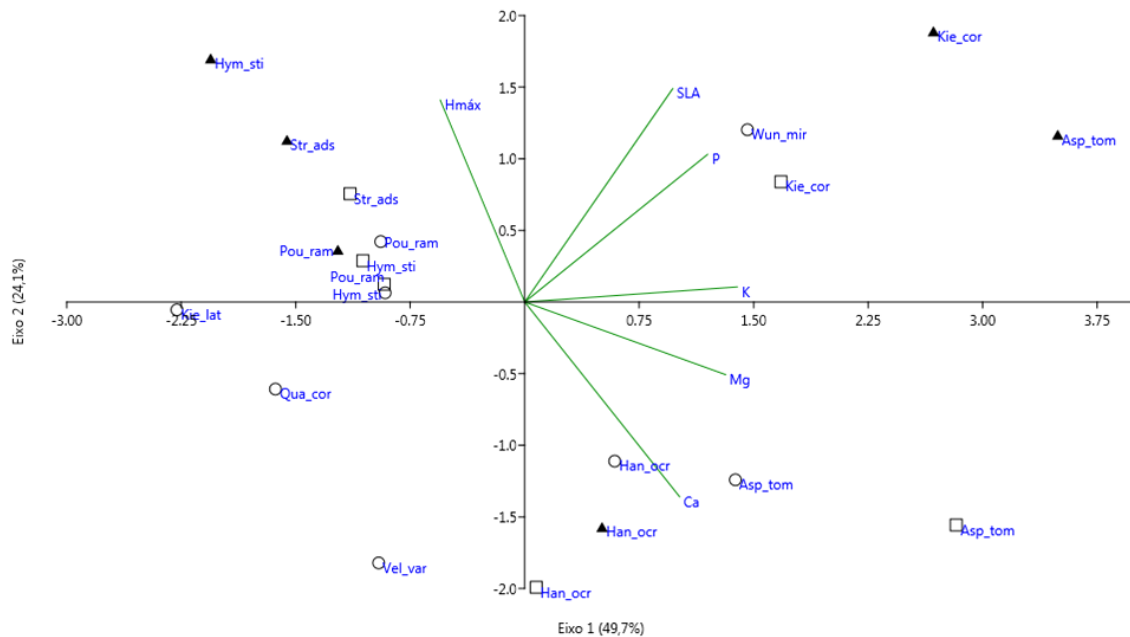


Figura 11 - Análise de Componentes Principais dos atributos funcionais das espécies arbustivo-arbóreas em relação ao Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico (○), Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico (▲) e Cerrado Típico em Latossolo Vermelho (□), amostrados no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. P = Concentração foliar de fósforo foliar; K = Concentração foliar de potássio foliar; Mg = Concentração foliar de magnésio foliar; Ca = Concentração foliar de cálcio foliar; SLA = área foliar específica; Hmáx = Altura máxima. As espécies estão representadas pela abreviação do nome científico (p.ex. Asp_tome = *Aspidosperma tomentosum*).

6. DISCUSSÃO

A heterogeneidade ambiental observada no Cerrado Rupestre não refletiu em maior riqueza de espécies, rejeitando-se a hipótese 1. Embora a variedade de nichos possa promover a coocorrência de espécies em ambientes rupestres (ABADIA et al., 2017; ADLER et al., 2013), em determinados locais, as condições ambientais podem atuar mais fortemente como filtro ambiental, selecionando espécies mais especializadas (LENZA et al., 2011; LIMA et al., 2010). Com base nisso, o sítio de Cerrado rupestre resultou em uma flora com menor número de espécies mais adaptadas ao ambiente rochosos, que ganharam espaço aumentando a densidade de indivíduos e, possivelmente, limitando o crescimento de outras espécies, por meio da competição.

Os diferentes grupos florísticos evidenciados na análise de agrupamento, corroboram Felfili & Felfili (2001), que observaram reduzida similaridade entre sítios adjacentes de Cerrado sentido restrito em diferentes condições de substrato. Isso pode ser explicado pelo

fato de que, em escala local, as propriedades físico-químicas dos solos impulsionam a diferenciação florística da vegetação arbustiva entre os sítios Cerrado Rupestre e Cerrado Típico (ABREU et al., 2012; LEMOS et al., 2013).

A maior diversidade alfa encontrada no sítio CTNQ é reflexo da combinação entre maior riqueza de espécies e uniformidade de indivíduos neste sítio. Vale ressaltar que os perfis de diversidade de ordem 1 equivalem ao índice de Shannon, que é baseado na abundância relativa das espécies e cujo valor diminui quando há domínio numérico de uma ou poucas espécies na comunidade (MAGURRAN, 1988), o que explica porque os sítios CTLV e CRNL apresentaram menor diversidade e foram mais similares entre si, onde boa parte da abundância total está concentrada num pequeno grupo de espécies.

Quanto à estrutura da vegetação, a hipótese de que o Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico apresentaria vegetação menos densa e de menor porte, foi parcialmente aceita. De fato, este sítio apresentou indivíduos de menor altura, porém com maior abundância em relação aos demais sítios. O menor porte da vegetação observado para os indivíduos do Cerrado rupestre pode ser uma estratégia econômica devido à menor disponibilidade de água nesses habitats em comparação com outros sítios do Cerrado (OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 2002) e pode também ter associação com a menor profundidade efetiva do solo (REATTO et al., 2008; RIBEIRO; WALTER, 2008).

A altura máxima da planta também está relacionada com estratégias ligadas ao regime do fogo, onde plantas mais altas podem evitar o *topkill*, ou seja, a perda da biomassa acima do solo (HOFFMANN et al., 2012). Como as savanas sob solos mais profundos possuem maior dominância de gramíneas C4 inflamáveis (FURLEY; RATTER, 1988; RIBEIRO; WALTER, 2008), estão sujeitas a incêndios mais frequentes e intensos do que as savanas rochosas (FURLEY; RATTER, 1988), onde as gramíneas são menos abundantes e a superfície das rochas podem reduzir a propagação do fogo (CARLUCCI; DUARTE; PILLAR, 2011). Este conjunto de características dos ambientes rochosos, podem ter contribuído para o menor porte da vegetação observada no Cerrado rupestre.

A elevada densidade de indivíduos do Cerrado Rupestre possivelmente está relacionada com a presença de espécies habitat especialistas (LENZA et al., 2011; LIMA et al., 2010), sendo especialmente potencializada pela abundância dos indivíduos de *Vellozia variabilis* e *Vellozia squamata*. A família Velloziaceae ocorre em grande extensão por toda a Serra do Cipó (PENA, 2009) e apresenta plantas adaptadas a situações adversas, cuja

germinação pode ocorrer tanto à pleno sol, quanto na sombra de fendas de rochas (COSTA et al., 2017), além de serem resistentes à passagem de fogo (ZIRONDI et al., 2019). Desse modo, estas espécies parecem ter se adaptado às condições dos ambientes rupestres e a elevada densidade de indivíduos de menor altura deste gênero contribuiu de forma importante para o porte geral da vegetação no Cerrado Rupestre do presente estudo. Esta relevância estrutural da família Velloziaceae demonstra a importância de incluir as monocotiledôneas em estudos florísticos e fitossociológicos das fitofisionomias savânicas do Cerrado, que muitas vezes não são consideradas no processo de amostragem (LENZA et al., 2011).

A diferenciação estrutural entre os sítios é evidenciada não só pela distinção no porte da vegetação, como também pelo fato de que nenhuma espécie esteve simultaneamente entre as de maior VI nos três sítios. Além disso, o conjunto de espécies que somam 50% do VI em cada sítio diferenciou-se não apenas na composição florística, mas também no número de espécies que o compõe (CTNQ = 12 spp.; CTLV = 9 spp. e CRNL = 6 spp.), mostrando que o filtro ambiental selecionou de maneira mais forte as espécies no ambiente rupestre e poucas espécies dominaram a estrutura da vegetação, apesar de, em geral, o Cerrado Rupestre apresentar elevada riqueza de espécies (ABADIA et al., 2017; ADLER et al., 2013), o que não foi observado no presente estudo.

A significativa contribuição da fração puramente ambiental, associada à diferenciação florística e estrutural e a presença de espécies indicadoras, corroboram a hipótese de que as condições ambientais locais moldam a vegetação em Cerrado sentido restrito, em áreas geograficamente próximas (LEMOS et al., 2013; MEWS et al., 2016a; NERI et al., 2012). A elevada fração residual não explicada, apresentada na partição de variâncias, demonstra que na escala avaliada, existem outros fatores importantes não mensurados, que podem estar exercendo influência sobre a vegetação, como por exemplo, a profundidade efetiva do solo e sua dinâmica hídrica (FELFILI et al., 2008; RUGGIERO et al., 2002).

A presença de espécies indicadoras e detectoras nos sítios sugere que, embora os três solos estudados apresentem restrições químicas, algumas espécies dispuseram de mecanismos que as tornaram especialistas em colonizar determinado sítio, com base nos recursos disponíveis (DUFRENE; LEGENDRE, 1997). Isto faz ainda mais sentido quando algumas destas espécies são analisadas individualmente com base em informações já constatadas na literatura. Assim, temos a espécie *Qualea parviflora*, acumuladora de alumínio

(HARIDASAN, 2008; SOUZA; BUENO, 2015), que foi apontada como espécie indicadora e está entre as de maior valor de importância no Cerrado Típico sobre Neossolo Quartzarênico, sítio fortemente associado à saturação por alumínio. As espécies *Vellozia squamata* e *Vellozia variabilis* possuem adaptações evolutivas relacionadas à tolerância ao déficit hídrico no solo e acumulação de fósforo no tecido foliar (ALCANTARA et al., 2015) e se classificaram como indicadoras do Cerrado Rupestre, sítio com baixa capacidade de retenção de água (ABREU et al., 2012; CÁSSIA-SILVA et al., 2017) e com concentração de fósforo no solo significativamente superior aos demais sítios.

A espécie *Erythroxylum suberosum*, possui ampla distribuição no Cerrado (RATTER; BRIDGEWATER; RIBEIRO, 2003), sendo comumente encontrada em maior abundância no Cerrado Típico (RUGGIERO et al., 2002; TORRES; FONTES; DO PRADO SAMSONAS, 2017) e pode ser associada com solos argilosos (TORRES; FONTES; DO PRADO SAMSONAS, 2017) e possui raízes profundas que alcançam o lençol freático (EITEN, 1972). Tais características podem explicar porque, no presente estudo, esta espécie tenha se apresentado como indicadora do Cerrado Típico sob Latossolo Vermelho, já que este sítio possui maior teor de argila e solo profundo.

A espécie *Wunderlichia mirabilis*, embora não esteja na categoria de espécie indicadora, classificou-se como detectora do Cerrado Rupestre, indicando que possui certa sensibilidade às mudanças ambientais (MCGEOCH; VAN RENSBURG; BOTES, 2002). Esta espécie contribui de maneira significativa para a estrutura do Cerrado rupestre (LENZA et al., 2011) e também esteve no ranking de espécies com maior VI deste sítio, no presente estudo.

O gradiente altitudinal encontrado condiz com o que é comumente observado para os sítios estudados, pois o Neossolo Quartzarênico geralmente ocorre em partes mais baixas do relevo em relação aos Latossolos, que ocorrem nos planaltos, e os Neossolos Litólicos ocorrem em áreas íngremes de elevadas altitudes (PINHEIRO et al., 2020). Quanto à composição física dos solos, o Cerrado Típico em Latossolo Vermelho diferiu dos demais, pela maior quantidade de partículas finas (Argila e Silte), enquanto que os outros dois apresentaram maior quantidade de partículas grossas (Areia). Este gradiente textural pode estar relacionado com o fato de o Latossolo ser um solo muito intemperizado com maior concentração de argilominerais, enquanto que os Neossolos Quartzarênico e Litólico, são solos pouco evoluídos e com maior textura granulométrica (EMBRAPA, 2018).

Esperava-se que o solo do Cerrado Rupestre apresentasse condições nutricionais mais limitantes (OLIVEIRA et al., 2015; REATTO et al., 2008), o que não foi confirmado neste estudo. Embora todos os sítios possuam solos distróficos, o Cerrado rupestre apresentou maiores teores de matéria orgânica e de nutrientes. A matéria orgânica proporciona melhores condições nutricionais e de umidade no solo (CUNHA; MENDES; GIONGO, 2015) e pode estar promovendo esta qualidade química ligeiramente superior ao solo do Cerrado rupestre em relação aos demais sítios.

O gradiente de nutrientes do solo seguiu a direção CRNL > CTLV > CTNQ, ao passo que o gradiente de atributos funcionais seguiu o sentido inverso: CTNQ > CTLV > CRNL. Com isso, observa-se que a melhor qualidade química do solo não implicou em maior área foliar específica, tampouco em maior absorção de nutrientes pelas espécies, e vice-versa. Esses resultados refletem as estratégias adaptativas predominantes em cada sítio. Se por um lado, menores concentrações de nutrientes foliares indicam que baixos requisitos nutricionais são vantagens competitivas, por outro lado, a maior concentração de nutrientes foliares em condições de qualidade química inferior do solo indica presença de espécies com maior demanda nutricional ou mais eficientes na obtenção de recursos (HARIDASAN, 2005). Assim, pode-se inferir que a baixa demanda nutricional constitui a principal estratégia adaptativa das espécies do Cerrado Rupestre, enquanto que nos sítios de Cerrado Típico, as espécies são mais eficientes na obtenção dos recursos e menos dependentes do suprimento de nutriente do solo.

A eficiência do uso de nutrientes está intimamente relacionada com os processos de ciclagem de nutrientes (DE OLIVEIRA et al., 2017; NARDOTO et al., 2006; VITOUSEK, 1982). Nesse contexto, muitas espécies possuem mecanismos internos de aproveitamento de determinados elementos químicos, tais como: a translocação de nutrientes de folhas senescentes para serem utilizados em novas células de crescimento ou estocados no tecido vegetal, antes da abscisão foliar (AERTS; CHAPIN, 2000); e tolerância ou acumulação de alumínio em diferentes estruturas celulares como adaptação à abundância e potencial tóxico deste elemento (HARIDASAN, 2008). Sendo assim, a predominância de determinadas estratégias adaptativas em diferentes sítios do Cerrado sentido restrito podem ser resultantes de mecanismos complexos na fisiologia da planta, de modo que este tema precisa ser melhor explorado em estudos futuros que aprofundem a análise da ciclagem de nutrientes a nível de espécie e de comunidade.

A área foliar específica se mostrou inversamente proporcional à disponibilidade de nutrientes no solo. Altos valores de área foliar específica estão relacionados com alto vigor competitivo e eficiência das plantas na captação de nutrientes (MARACAHIPES et al., 2018). Em contrapartida, baixos valores de SLA estão relacionados com maior eficiência no uso da água, reduzindo a perda por transpiração (POORTER, 2009). Dessa forma, pode-se dizer que os indivíduos estabelecidos em sítio de baixa qualidade química investiram em área foliar para melhorar a aquisição e reserva de nutrientes, como é o caso do Cerrado Típico sob Neossolo Quartzarênico. Por outro lado, em sítio com maior restrição hídrica, como no Cerrado rupestre em Neossolo Litólico, há predominância de indivíduos com menor área foliar específica, possivelmente como uma estratégia para evitar a perda de água.

Em termos de atributos funcionais, não houve separação clara entre os sítios. Contudo, observou-se um certo agrupamento entre as espécies de ocorrência comum, indicando que o resultado da ordenação pode ter sido influenciado pelo comportamento intrínseco das espécies selecionadas neste estudo. Neste caso, ao se comparar indivíduos da mesma espécie, o tipo de solo pouco interferiu na absorção de nutrientes. Possivelmente, estas espécies interagem com o ambiente de tal modo que conseguem desenvolver mecanismos adaptativos (ADLER et al., 2013) para suprir suas necessidades fisiológicas, absorvendo os minerais nas quantidades que elas necessitam ou tornando-se mais eficientes, em condições de maior ou menor disponibilidade de nutrientes, respectivamente.

Alguns atributos funcionais podem ser altamente variáveis em comunidades arbustivo-arbóreas, como é o caso do conteúdo de nutrientes foliares (SIEFERT et al., 2015) e área foliar específica (ADLER et al., 2013). Dessa forma, é importante que mais estudos sejam realizados com diferentes espécies, incluindo outros atributos funcionais, como espessura foliar, espessura da casca e densidade da madeira. Tais estudos podem ajudar a encontrar diferenças funcionais mais claras entre o conjunto de espécies arbustivo-arbóreas que compõem as comunidades vegetais do Cerrado e aprimorar a compreensão das estratégias adaptativas utilizadas por populações que se estabelecem em diferentes condições ambientais.

7. CONCLUSÃO

A expectativa de que o Cerrado Rupestre apresentaria maior riqueza de espécies, não foi confirmada no presente estudo. Possivelmente, fatores limitantes como profundidade do solo afetam a riqueza florística neste sítio, bem como outras variáveis ambientais não investigadas.

A hipótese de que o Cerrado Rupestre apresentaria menor número e porte de indivíduos foi parcialmente aceita. A vegetação neste sítio apresenta menor altura máxima, possivelmente relacionada a uma estratégia econômica de utilização de recursos. Em contrapartida, a elevada densidade de indivíduos é influenciada por espécies adaptadas ao ambiente rupestre, como *Vellozia variabilis* e *Vellozia squamata*.

Nossos resultados evidenciaram que a variação florístico-estrutural entre os diferentes sítios de Cerrado sentido restrito é determinada principalmente pelas condições ambientais (solo e relevo). Assim, as propriedades químicas e físicas do solo, em conjunto com altitude, podem, por si só, explicar a maior parte da variação florístico-estrutural entre ambientes savânicos em escala local.

As expectativas de menor área foliar específica e menor concentração de nutrientes foliares nas espécies do Cerrado Rupestre foram confirmadas. Contudo, o motivo pelo qual estes atributos apresentam menores valores pode estar mais relacionado com a baixa demanda nutricional das espécies do que com as condições limitantes esperadas para este sítio, uma vez que o Cerrado rupestre apresentou melhor qualidade química do solo.

As espécies representativas de cada sítio apresentam diferentes estratégias para colonizar e se estabelecerem nas diferentes condições ambientais, em termos de atributos funcionais. As espécies do Cerrado Rupestre aumentam a sua competitividade reduzindo a sua demanda nutricional, enquanto que as espécies do Cerrado Típico sob Neossolo Quartzarênico apresentam maior diversidade florística e porte da vegetação devido a maior eficiência na obtenção dos recursos escassos. Além disso, indivíduos de mesmas espécies em diferentes sítios, apresentam respostas similares quanto aos atributos funcionais estudados, indicando que algumas espécies sofrem ajustes adaptativos para compensar as adversidades encontradas em condições ambientais distintas.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nossos resultados contribuem para o entendimento das relações solo-planta no bioma Cerrado e dos principais fatores que influenciam sua vegetação em escala local, indicando que sítios muito próximos podem apresentar características de solo e vegetação bem distintas. Estas condições ambientais tão heterogêneas dentro de uma mesma fitofisionomia, chamam atenção para o fato de que ações de conservação ou manejo baseadas apenas em classificações muito amplas de fitofisionomia, sem considerar os subtipos, podem não garantir a preservação ou manejo efetivos da biodiversidade, pois em um curto gradiente ambiental são encontradas comunidades vegetais com particularidades florísticas e estruturais distintas.

Sugere-se que novas investigações sobre a relação solo-planta no Cerrado sejam realizadas a nível de comunidade e também a nível de espécie, incluindo condições ambientais e atributos funcionais não avaliados no presente estudo. Entre as condições ambientais e atributos funcionais a serem considerados em novos estudos, são sugeridos: índice de cobertura de rochas no solo, frequência de fogo, espessura foliar, espessura da casca, densidade da madeira, deciduidade foliar, qualidade da serrapilheira, entre outros. Estas investigações são necessárias para detalhar as estratégias adaptativas das plantas diante dos diversos filtros ambientais e fatores limitantes que moldam a vegetação do Cerrado.

9. REFERÊNCIAS

- ABADIA, A. C. et al. Savannas on two different substrates in Brazil have a similar species diversity, but distinct edaphic conditions and species composition. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 41, n. 1, p. 57–64, 2017.
- ABREU, M. F. et al. Influence of edaphic variables on the floristic composition and structure of the tree-shrub vegetation in typical and rocky outcrop cerrado areas in Serra Negra, Goiás State, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 35, n. 3, p. 259–272, 2012.
- ADLER, P. B. et al. Trait-based tests of coexistence mechanisms. **Ecology Letters**, v. 16, n. 10, p. 1294–1306, 2013.
- AERTS, R.; CHAPIN, F. S. The Mineral Nutrition of Wild Plants Revisited: A Re-evaluation. **Advances in Ecological Research**, v. 30, p. 55, 2000.
- ALCANTARA, S. et al. Carbon assimilation and habitat segregation in resurrection plants: A comparison between desiccation- and non-desiccation-tolerant species of Neotropical Velloziaceae (Pandanales). **Functional Ecology**, v. 29, n. 12, p. 1499–1512, 2015.
- ALENCAR, A. et al. Mapping three decades of change in the Brazilian Savanna native vegetation using Landsat data processed in the Google Earth Engine Platform. **Remote Sensing**, v. 12, p. 924, 2020.
- ALHO, D. R.; JÚNIOR, J. M.; CAMPOS, M. C. C. Caracterização física, química e mineralógica de Neossolos Litólicos de diferentes materiais de origem. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, v. 2, n. 2, p. 117–122, 2007.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- APG, T. A. P. G. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 181, n. 1, p. 1–20, 2016.
- ARRUDA, D. M. et al. Combining climatic and soil properties better predicts covers of Brazilian biomes. **Science of Nature**, v. 104, n. 3–4, 2017.
- BENITES, V. M. et al. Soils associated with rock outcrops in the Brazilian mountain ranges Mantiqueira and Espinhaço. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 4, p. 569–577, 2007.
- BLANCHET, F. G.; LEGENDRE, P.; BORCARD, D. Forward selection of explanatory variables. **Ecology**, v. 89, n. 9, p. 2623–2632, 2008.
- BRADSHAW, A. D. Evolutionary Significance of Phenotypic Plasticity in Plants. **Advances in Genetics**, v. 13, n. C, p. 115–155, 1965.
- BUENO, M. L. et al. Effects of Quaternary climatic fluctuations on the distribution of Neotropical savanna tree species. **Ecography**, v. 39, p. 001–012, 2016.
- CARLUCCI, M. B.; DUARTE, L. DA S.; PILLAR, V. D. Nurse rocks influence forest expansion over native grassland in southern Brazil. **Journal of Vegetation Science**, v. 22, n. 1, p. 111–

119, 2011.

- CARPANEZZI, A. A. et al. Funções Múltiplas das Florestas : Conservação e Recuperação do Meio-Ambiente. **6° Congresso Florestal Brasileiro**, n. 6, p. 216–221, 1990.
- CÁSSIA-SILVA, C. et al. When the same is not the same: phenotypic variation reveals different plant ecological strategies within species occurring in distinct Neotropical savanna habitats. **Plant Ecology**, v. 218, n. 10, 2017.
- CIENTEC. **Mata Nativa 2: Sistema para a Análise Fitossociológica e elaboração de Inventários e Planos de Manejo de Florestas nativas Viçosa, MG.** Viçosa, MG: CIENTEC - Consultoria de Desenvolvimento de Sistemas LTDA., , 2006.
- COLE, M. M. A. **The savannas: biogeography and geobotany**. London: Academic Press, 1986.
- COSTA, T. R. et al. Germinação de sementes de *Vellozia ramosissima* L. B. Sm. (Velloziaceae) em resposta a diferentes temperaturas. **Heringeriana**, v. 11, n. 1, p. 1–10, 2017.
- COUTINHO, L. M. Ecological effects of fire in Brazilian Cerrado. In: HUNTLEY B. J.; WALKER, B. H. (Ed.). **Ecology of Tropical Savannas**. Berlin: Springer-Verlag, 1982. p. 273–291.
- CUNHA, T. J. DA; MENDES, A. M. S.; GIONGO, V. Matéria orgânica do solo. In: NUNES, R. R.; REZENDE, M. O. O. (Eds.). **Recurso solo: propriedades e usos**. 1. ed. São Carlos - SP: Editora Cubo, 2015. p. 273–293.
- DANTAS, D. et al. Soil influences on tree species distribution in a rupestrian cerrado area. **Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 4, 2018.
- DANTAS, V. DE L.; BATALHA, M. A. Vegetation structure: Fine scale relationships with soil in a cerrado site. **Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 206, n. 4, p. 341–346, 2011.
- DE OLIVEIRA, B. et al. Unraveling the ecosystem functions in the Amazonia–Cerrado transition: evidence of hyperdynamic nutrient cycling. **Plant Ecology**, v. 218, n. 2, p. 225–239, 2017.
- DIONIZIO, E. A. et al. Influence of climate variability, fire and phosphorus limitation on vegetation structure and dynamics of the Amazon-Cerrado border. **Biogeosciences**, v. 15, n. 3, p. 919–936, 2018.
- DUFRÊNE, M.; LEGENDRE, P. Species assemblages and indicator species: the need for flexible asymmetrical approach. **Ecological Monographs**, v. 67, n. 3, p. 345–366, 1997.
- DUNN, O. J. Multiple comparisons using rank sums. **Technometrics**, v. 6, p. 241- 252., 1964.
- EITEN, G. The Cerrado vegetation of Brazil. **The Botanical Review**, v. 38, n. 2, p. 201–341, 1972.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF.: EMBRAPA, 2018.
- FAITH, D. P.; MINCHIN, P. R.; BELBIN, L. Compositional dissimilarity as a robust measure of ecological distance. **Vegetatio**, v. 69, p. 57–68, 1987.
- FELFILI, J. M. et al. Diversity, floristic and structural patterns of cerrado vegetation in Central Brazil. **Plant Ecology formerly `Vegetatio'**, v. 175, n. 1, p. 37–46, 2004.

- FELFILI, J. M. et al. Padrões fitogeográficos e sua relação com sistemas de terra no bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Eds.). . **Cerrado: ecologia e flora**. 1. ed. Brasília, DF.: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 213–228.
- FELFILI, J. M.; CARVALHO, F. A.; HAIDAR, R. F. **Manual Para O Monitoramento De Parcelas Permanentes**. Brasília, DF.: [s.n.].
- FELFILI, J. M.; REZENDE, A. V.; SILVA-JÚNIOR, M. C. **Biogeografia do Bioma Cerrado: vegetação e solos da Chapada dos Veadeiros**. Brasília, DF.: [s.n.].
- FELFILI, J. M.; SILVA-JÚNIOR, M. C. DA. A comparative study of cerrado (sensu stricto) vegetation in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 9, n. 3, p. 277–289, 1993.
- FELFILI, M. C.; FELFILI, J. M. Diversidade Alfa e Beta no Cerrado Sensu Stricto da Chapada Pratinha, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, v. 15, n. 2, p. 243–254, 2001.
- FELIPPE, M. F. et al. Caracterização Morfométrica dos Compartimentos do Relevo do Parque Nacional da Serra do Cipó , Serra do Espinhaço Meridional – Minas Gerais. v. 1, n. 1, p. 3–14, 2012.
- FERREIRA, J. N.; BUSTAMANTE, M. M. DA C.; DAVIDSON, E. A. Linking woody species diversity with plant available water at a landscape scale in a Brazilian savanna. **Journal of Vegetation Science**, v. 20, n. 5, p. 826–835, 2009.
- FORZZA, R. C. **Flora do Brasil 2020 em construção**. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 20 dez. 2020.
- FRANÇOSO, R. D. et al. Habitat loss and the effectiveness of protected areas in the Cerrado Biodiversity Hotspot. **Natureza & Conservação**, v. 3, p. 35–40, 2015.
- FRANÇOSO, R. D. et al. Delimiting floristic biogeographic districts in the Cerrado and assessing their conservation status. **Biodiversity and Conservation**, v. 29, n. 5, p. 1477–1500, 2020.
- FRANÇOSO, R. D.; HAIDAR, R. F.; MACHADO, R. B. Tree species of South America central savanna: Endemism, marginal areas and the relationship with other biomes. **Acta Botanica Brasilica**, v. 30, n. 1, p. 78–86, 2016.
- FURLEY, P. A. The nature and diversity of neotropical savanna vegetation with particular reference to the Brazilian cerrados. **Global Ecology and Biogeography**, v. 8, n. 3–4, p. 223–241, 1999.
- FURLEY, P. A.; RATTER, J. A. Soil Resources and Plant Communities of the Central Brazilian Cerrado and Their Development. **Journal of Biogeography**, v. 15, n. 1, p. 97, 1988.
- GOMES, L. et al. Comparações florísticas e estruturais entre duas comunidades lenhosas de cerrado típico e cerrado rupestre. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 4, p. 865–875, 2011.
- GOMES, L. et al. Post-fire recovery of savanna vegetation from rocky outcrops. **Flora**, v. 209, p. 201–208, 2014.
- GOMES, L. et al. Dynamics of the woody vegetation of two areas of Cerrado sensu stricto located on different substrates. **Rodriguesia**, v. 67, n. 4, p. 859–870, 2016.
- GOMES, L. et al. Effects and behaviour of experimental fires in grasslands, savannas, and forests of the Brazilian Cerrado. **Forest Ecology and Management**, v. 458, n. August 2019, 2020.

- GOTELLI, N. J.; COLWELL, R. K. Quantifying Biodiversity: Procedures and Pitfalls in the Measurement and Comparison of Species Richness. **Ecology Letters**, v. 4, n. 4, p. 379–391, 2001.
- GOWER, J. C. A general coefficient of similarity and some of its properties. **Biometrics**, v. 27, n. 4, p. 857–874, 1971.
- HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. ; RYAN, P. D. **PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis**. Palaeontologia Electronica, , 2001.
- HARIDASAN, M. NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS NATIVAS DO CERRADO. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, n. 1, p. 54–64, 2000.
- HARIDASAN, M. Competição por nutrientes em espécies arbóreas do cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (Eds.). . **Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p. 167–178.
- HARIDASAN, M. Nutritional adaptations of native plants of the cerrado biome in acid soils. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 20, n. 3, p. 183–195, 2008.
- HILL, M. O. Diversity and Evenness: A Unifying Notation and Its Consequences. **Ecology**, v. 54, n. 2, p. 427–432, 1973.
- HOFFMANN, W. A. et al. 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.
- HOLLANDER, M.; WOLFE, D. A. **Nonparametric Statistical Methods** New York, NY. John Wiley & Sons, , 1973.
- HUTLEY, L. B.; SETTERFIELD, S. A. Savanna. **Encyclopedia of Ecology, Five-Volume Set**, p. 3143–3154, 2008.
- JUNIOR, B. H. M.; HARIDASAN, M. Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerrado e um cerrado sensu stricto em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 4, p. 913–926, 2005.
- KENT, M. E COKER, P. **Vegetation Description and data Analysis**. 1. ed. Reino Unido: Belhaven Press, 1992.
- LEGENDRE, P.; BORCARD, D.; ROBERTS, D. W. Variation partitioning involving orthogonal spatial eigenfunction submodels. **Ecology**, v. 93, n. 5, p. 1234–1240, 2012.
- LEGENDRE, P.; GALLAGHER, E. D. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. **Oecologia**, v. 129, n. 2, p. 271–280, 2001.
- LEHMANN, C. E. R. et al. Deciphering the distribution of the savanna biome. **New Phytologist**, v. 191, n. 1, p. 197–209, 2011.
- LEHMANN, C. E. R. et al. Savanna vegetation-fire-climate relationships differ among continents. **Science**, v. 343, n. 6170, p. 548–552, 2014.
- LEMOS, H. L. et al. Structure and floristic relationships between Cerrado sensu stricto sites on two types of substrate in northern Cerrado, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 13, n. 4, p. 121–132,

2013.

- LENZA, E. et al. Comparação da vegetação arbustivo-arbórea de uma área de cerrado rupestre na Chapada dos Veadeiros, Goiás, e áreas de cerrado sentido restrito do Bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 34, n. 3, p. 247–259, 2011.
- LENZA, E. et al. Does fire determine distinct floristic composition of two cerrado savanna communities on different substrates? **Acta Botanica Brasílica**, v. 31, n. 2, p. 250–259, 2017.
- LIMA, T. A. et al. Florística e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea em uma área de cerrado rupestre no parque estadual da serra de caldas novas, Goiás. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 2, p. 159–166, 2010.
- MACHADO, R. B. et al. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. Brasília, DF.: Relatório técnico não publicado, 2004.
- MAGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton university press: Princeton university press, 1988.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. DE. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989.
- MARACAHIPES, L. et al. Estrutura e composição florística da vegetação lenhosa em cerrado rupestre na transição cerrado-floresta amazônica, mato grosso, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 1, p. 133–141, 2011.
- MARACAHIPES, L. et al. How to live in contrasting habitats? Acquisitive and conservative strategies emerge at inter- and intraspecific levels in savanna and forest woody plants. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 34, n. July, p. 17–25, 2018.
- MCGEOCH, M. A.; VAN RENSBURG, B. J.; BOTES, A. A verificação e aplicação de bioindicadores: um estudo de caso de escaravelhos em um ecossistema de cerrado. **Jornal de ecologia aplicada**, v. 39, n. 4, p. 661–672, 2002.
- MENDIRIBU, F. DE. **Una herramienta de analisis estadístico para la investigacion agricola**. [s.l.] Universidad Nacional de Ingenieria (UNI-PERU), 2009.
- MENDONÇA, R. C. DE et al. Flora Vascular do Bioma Cerrado: Checklist com 12.356 espécies. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. DE; RIBEIRO, J. F. (Eds.). . **Cerrado: ecologia e flora**. 2. ed. Brasília, DF.: EMBRAPA Cerrados, 2008a. p. 289–556.
- MENDONÇA, R. C. DE et al. Flora Vascular do Bioma Cerrado: Checklist com 12.356 espécies. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. DE; RIBEIRO, J. F. (Eds.). . **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, DF.: EMBRAPA Cerrados, 2008b. p. 421–442.
- MESSIAS, M. C. T. B. et al. Soil-Vegetation Relationship in Quartzitic and Ferruginous Brazilian Rocky Outcrops. **Folia Geobotanica**, v. 48, n. 4, p. 509–521, 2013.
- MEWS, H. A. et al. Does size matter? Conservation implications of differing woody population sizes with equivalent occurrence and diversity of species for threatened savanna habitats. **Biodiversity and Conservation**, v. 23, n. 5, p. 1119–1131, 2014.
- MEWS, H. A. et al. No evidence of intrinsic spatial processes driving Neotropical savanna vegetation

- on different substrates. **Biotropica**, v. 48, n. 4, p. 433–442, 2016a.
- MEWS, H. A. et al. A cobertura de rochas é boa preditora da variação na riqueza de espécies e na estrutura da vegetação arbustivo-arbórea em áreas de Cerrado Rupestre? **Revista Brasileira de Biociências**, v. 14, n. 3, p. 202–205, 2016b.
- MIRANDA, S. D. C. DE et al. Relação solo-vegetação em duas áreas de cerrado sentido restrito na Serra Dourada, Goiás. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 4, p. 21–35, 2020.
- MIRANDA, H. S. **Efeitos do regime do fogo sobre a estrutura de comunidades de cerrado: Projeto Fogo**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2010.
- MOTA, S. DA L. L. **Vegetação arbustivo-arbórea em áreas de Cerrado Rupestre na Cadeia do Espinhaço**. [s.l.] Universidade de Brasília, 2016.
- NARDOTO, G. B. et al. Nutrient use efficiency at ecosystem and species level in savanna areas of Central Brazil and impacts of fire. **Journal of Tropical Ecology**, v. 22, n. 2, p. 191–201, 2006.
- NERI, A. V. et al. The influence of soils on the floristic composition and community structure of an area of Brazilian Cerrado vegetation. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 69, n. 1, p. 1–27, 2012.
- NERI, A. V. et al. Pedology and plant physiognomies in the cerrado, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 85, n. 1, p. 87–102, 2013.
- NIINEMETS, Ü. Global-Scale Climatic Controls of Leaf Dry Mass per Area, Density, and Thickness in Trees and Shrubs. **Ecology**, v. 82, n. 2, p. 453–469, 2001.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, A. J. Vegetation physiognomies and woody flora of the Cerrado Biome. In: **The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a Neotropical savanna**. New York: Columbia University Press, 2002. p. 91–120.
- OLIVEIRA, R. S. et al. Mineral nutrition of campos rupestres plant species on contrasting nutrient-impooverished soil types. **New Phytologist**, v. 205, n. 3, p. 1183–1194, 2015.
- ORDOÑEZ, J. C. et al. A global study of relationships between leaf traits, climate and soil measures of nutrient fertility. **Global Ecology and Biogeography**, v. 18, n. 2, p. 137–149, 2009.
- PAU, G. et al. EBImage-an R package for image processing with applications to cellular phenotypes. **Bioinformatics**, v. 26, n. 7, p. 979–981, 2010.
- PENA, M. A. Florística de afloramentos rochosos na Serra do Cipó, MG. **Departamento de Botânica**, v. Dissertação, p. 80, 2009.
- PÉREZ-HARGUINDEGUY, N. et al. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, v. 61, n. 3, p. 167–234, 2013.
- PINHEIRO, M. R. et al. Soil, relief and parent material interactions in the Pau d'Alho structural high region, Southeastern Brazil. **Revista do Instituto Geológico**, v. 41, n. 1, p. 49–67, 2020.
- PINTO, J. R. R. et al. Fitossociologia em áreas de Cerrado Rupestre: aplicação de parâmetros convencionais e de análises e abordagens pouco usadas. In: EISENLOHR, P. V. . et al. (Eds.).

. **Fitossociologia do Brasil: métodos de estudos de caso**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2015. p. 213–227.

POORTER, L. Leaf traits show different relationships with shade tolerance in moist versus dry tropical forests. **New Phytologist**, v. 181, n. 4, p. 890–900, 2009.

PRICE, T. D.; QVARNSTRÖM, A.; IRWIN, D. E. The role of phenotypic plasticity in driving genetic evolution. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 270, n. 1523, p. 1433–1440, 2003.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing Vienna, Austria, 2019. Disponível em: <<http://www.r-project.org/>>

RATTER, J. A. et al. Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation II: comparison of the woody vegetation of 98 areas. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 53, n. 2, p. 871–882, 1996.

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. 57–109, 2003.

RATTER, J. A.; DARGIE, T. C. D. An analysis of the floristic composition of 26 cerrado areas in Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 49, n. 2, p. 235–250, 1992.

REATTO, A. et al. Solos do Bioma Cerrado: aspectos pedológicos. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. P. (Eds.). . **Cerrado: ecologia e flora**. Planaltina, DF.: EMBRAPA, 2008. p. 107–134.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. DE (Eds.). . **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, DF.: EMBRAPA-CPAC, 1998. p. 89–166.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. DE; RIBEIRO, J. F. (Eds.). . **Cerrado: Ecologia e flora**. Brasília, DF.: EMBRAPA, 2008. p. 152–212.

RUGGIERO, P. G. C. et al. Soil-vegetation relationships in cerrado (Brazilian savanna) and semideciduous forest, Southeastern Brazil. **Plant Ecology**, v. 160, n. 1, p. 1–16, 2002.

RUGGIERO, P. G. C.; PIVELLO, R. As relações entre a vegetação e o meio físico do Cerrado Pé-de-Gigante - O solo e a comunidade vegetal. In: **O Cerrado Pé-de-Gigante (Parque Estadual de Vassununga, SP) - Ecologia e Conservação**. 3. ed. [s.l.: s.n.]. p. 117–132.

SANKARAN, M. et al. Determinants of woody cover in African savannas. **Nature**, v. 438, n. 7069, p. 846–849, 2005.

SANO, E. E. et al. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 166, n. 1–4, p. 113–124, 2010.

SANTOS, M. F.; SERAFIM, H.; SANO, P. T. Fisionomia e composição da vegetação florestal na Serra do Cipó, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 4, p. 793–814, 2011.

SCHAEFER, C. E. G. R. et al. The Physical Environment of Rupestrian Grasslands (Campos Rupestres) in Brazil: Geological, Geomorphological and Pedological Characteristics, and

- Interplays Carlos. In: FERNANDES, G. W. (Ed.). . **Ecology and Conservation of Mountaintop Grasslands in Brazil**. Switzerland: Springer International Publishing, 2016. p. 15–53.
- SCHEINER, S. M. Genetics and evolution of phenotypic plasticity. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 24, n. January 1993, p. 35–68, 1993.
- SIEFERT, A. et al. A global meta-analysis of the relative extent of intraspecific trait variation in plant communities. **Ecology Letters**, v. 18, n. 12, p. 1406–1419, 2015.
- SILVA, J. M. C. DA; BATES, J. M. Biogeographic Patterns and Conservation in the South American Cerrado: A Tropical Savanna Hotspot. **BioScience**, v. 52, n. 3, p. 225, 2002.
- SILVA, F. A. M.; ASSAD, E. D.; EVANGELISTA, B. A. Caracterização climática do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. DE; RIBEIRO, J. F. (Eds.). . **Cerrado: Ecologia e Flora**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2008. p. 69–87.
- SILVA, J. F. et al. Spatial heterogeneity, land use and conservation in the cerrado region of Brazil. **Journal of Biogeography**, v. 33, n. 3, p. 536–548, 2006.
- SOARES, M. P. et al. Relationship between edaphic factors and vegetation in savannas of the brazilian midwest Region. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 39, n. 3, p. 821–829, 2015.
- SOUZA, M. C. D. E.; BUENO, P. C. P. Ecological strategies of Al-accumulating and non-accumulating functional groups from the cerrado sensu stricto. v. 87, p. 813–823, 2015.
- 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.
- TEIXEIRA, P. C. et al. **Manual De Metodos de Análise de Solo**. 3ª Edição ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2017.
- TORRES, D. M.; FONTES, M. A. L.; DO PRADO SAMSONAS, H. Relações solo-vegetação na estruturação de comunidades de cerrado sensu stricto no sul de Minas Gerais, Brazil. **Rodriguesia**, v. 68, n. 1, p. 115–128, 2017.
- TÓTHMÉRÉSZ, B. Comparison of different methods for diversity ordering. **Journal of Vegetation Science**, v. 6, n. 2, p. 283–290, 1995.
- VIA, S. et al. Adaptive phenotypic plasticity: consensus and controversy. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 10, n. 5, p. 212–217, 1995.
- VIEIRA, D. L. M. et al. Síndromes de dispersão de espécies arbustivo-arbóreas em cerrado sensu stricto do Brasil Central e savanas amazônicas. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 2, p. 215–220, 2002.
- VIOLLE, C. et al. Let the concept of trait be functional! **Oikos**, v. 116, n. 5, p. 882–892, 2007.
- VITOUSEK, P. Nutrient cycling and nutrient use efficiency. **American Naturalist**, v. 119, n. 4, p. 553–572, 1982.
- WESTOBY, M. Westoby, 1998.pdf. **Plant and Soil**, v. 199, p. 213–227, 1998.

- WESTOBY, M. et al. Plant ecological strategies: Some leading dimensions of variation between species. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 33, p. 125–159, 2002.
- WILLIAMS, R. J. et al. Variation in the composition and structure of tropical savannas as a function of rainfall and soil texture along a large-scale climatic gradient in the Northern Territory, Australia. **Journal of Biogeography**, v. 23, n. 6, p. 747–756, 1996.
- ZIRONDI, H. L. et al. Heat and smoke affect the germination of flammable resprouters: *Vellozia* species in the Cerrado. **Folia Geobotanica**, v. 54, n. 1–2, p. 65–72, 2019.

10. ANEXOS

10.1. LISTA DAS ESPÉCIES

Anexo 1 - Espécies arbustivo-arbóreas registradas no Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico (CRNL), Cerrado Típico em Neossolo quartzarênico (CTNQ) e Cerrado Típico em Latossolo Vermelho (CTLV), amostrados no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. As espécies estão dispostas em ordem alfabética das famílias botânicas. Os números representam a quantidade de indivíduos amostrados em cada sítio.

Famílias/Espécies	CTNQ	CTLV	CRNL
Annonaceae			
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	32	29	
Apocynaceae			
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart. & Zucc.	77	36	36
<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	2	3	13
<i>Himatanthus obovatus</i> (Müll.Arg.) Woodson			3
Aquifoliaceae			
<i>Ilex conocarpa</i> Reissek			7
Araliaceae			
<i>Didymopanax macrocarpus</i> (Cham. & Schltdl.) Seem.	9	10	
<i>Didymopanax vinosus</i> (Cham. & Schltdl.) Marchal			3
Arecaceae			
<i>Syagrus comosa</i> (Mart.) Mart.		4	34
<i>Syagrus flexuosa</i> (Mart.) Becc.	26	1	
Asteraceae			
<i>Eremanthus elaeagnus</i> (Mart. Ex DC.) Sch.Bip.	67	5	189
<i>Eremanthus glomerulatus</i> Less.	7	10	
<i>Eremanthus incanus</i> (Less.) Less.	11		
<i>Eremanthus polycephalus</i> (DC.) MacLeish		1	
<i>Lychnophora rupestris</i> Semir			51
<i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker	10	57	
<i>Wunderlichia mirabilis</i> Riedel ex Baker			86
Bignoniaceae			
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	30	19	11
<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore	2		
<i>Zeyheria montana</i> Mart.	1	1	
Calophyllaceae			
<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.	40	112	
<i>Kielmeyera lathrophyton</i> Saggi	12		68
<i>Kielmeyera speciosa</i> A.St.-Hil.		9	
Caryocaraceae			
<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	58	1	1
Celastraceae			
<i>Plenckia populnea</i> Reissek	17		
Chrysobalanaceae			
<i>Couepia grandiflora</i> (Mart. & Zucc.) Benth.	1	4	6
Combretaceae			

Famílias/Espécies	CTNQ	CTLV	CRNL
<i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler	1		
<i>Terminalia glabrescens</i> Mart.	2		
Dilleniaceae			
<i>Davilla elliptica</i> A.St.-Hil.	11	3	
Ebenaceae			
<i>Diospyros lasiocalyx</i> (Mart.) B. Walln.	1	5	
Ericaceae			
<i>Agarista angustissima</i> Taub.			6
Erythroxylaceae			
<i>Erythroxylum campestre</i> A.St.-Hil.			16
<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil.	10	44	35
<i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil.		24	1
<i>Erythroxylum tortuosum</i> Mart.	2	25	
Fabaceae			
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	1		
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	6	29	38
<i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J.F. Macbr.	13	43	
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	34	240	11
<i>Leptolobium dasycarpum</i> Vogel	21	85	3
<i>Machaerium opacum</i> Vogel	21	3	
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	56	7	17
<i>Pterodon pubescens</i> (Benth.) Benth.	3		30
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	15	29	
<i>Tachigali aurea</i> Tul.	6		
Lamiaceae			
<i>Aegiphila verticillata</i> Vell.		2	
<i>Hyptidendron canum</i> (Pohl ex Benth.) Harley	50	33	
<i>Nectandra angustifolia</i> (Schrad.) Nees			2
<i>Nectandra oppositifolia</i> Nees	2		
Loganiaceae			
<i>Antonia ovata</i> Pohl.			8
<i>Strychnos pseudoquina</i> A.St.-Hil.	9		
Lythraceae			
<i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.	21	11	4
Malpighiaceae			
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	4	2	5
<i>Byrsonima dealbata</i> Griseb.		2	
<i>Byrsonima pachyphylla</i> A.Juss.	2	24	1
<i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) DC.	6		
<i>Heteropterys byrsonimifolia</i> A.Juss.		1	
Malvaceae			
<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc.) Schott & Endl.	1		
Marcgraviaceae			
<i>Schwartzia adamantium</i> (Cambess.) Bedell ex Gir.-Cañas			2
Melastomataceae			
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	1	2	2
<i>Miconia ferruginata</i> DC.	4		8

Famílias/Espécies	CTNQ	CTLV	CRNL
<i>Miconia leucocarpa</i> DC.			1
<i>Mouriri pusa</i> Gardner	3		3
Meliaceae			
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.		1	
Myrtaceae			
<i>Eugenia aurata</i> O.Berg	34		
<i>Eugenia dysenterica</i> (Mart.) DC.	9	5	
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	1	13	
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	3		
<i>Myrcia variabilis</i> DC.	2	6	
Nyctaginaceae			
<i>Guapira graciliflora</i> (Mart.exSchmidt) Lundell	38	4	18
<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	58	12	
<i>Neea theifera</i> Oerst.	2	4	2
Ochnaceae			
<i>Ouratea hexasperma</i> (A.St.-Hil.) Baill.	4	26	10
<i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & Hook.f.	10	46	8
Primulaceae			
<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	14	94	3
Proteaceae			
<i>Roupala montana</i> Aubl.	22	52	
Rubiaceae			
<i>Chomelia ribesioides</i> Benth. Ex A.Gray			3
<i>Cordia elliptica</i> (Cham.) Kuntze		1	
<i>Palicourea rigida</i> Kunth	8	3	4
<i>Rudgea virbunoides</i> (Cham.) Benth.	1		
<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K.Schum.	9	21	7
Salicaceae			
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	1		
Sapindaceae			
<i>Matayba mollis</i> Radlk.		3	
Sapotaceae			
<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	61	103	24
<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.	7	10	
Symplocaceae			
<i>Symplocos nitens</i> (Pohl) Benth.			1
Velloziaceae			
<i>Vellozia squamata</i> Pohl			572
<i>Vellozia variabilis</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.	2		592
Vochysiaceae			
<i>Qualea cordata</i> (Mart.) Spreng.		2	14
<i>Qualea dichotoma</i> (Mart.) Warm.	24		
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	16	1	
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	42	7	2
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	158	1	16
<i>Vochysia gardneri</i> Warm.	1		2
<i>Vochysia rufa</i> Mart.	7		

Famílias/Espécies	CTNQ	CTLV	CRNL
<i>Vochysia thyrsoidea</i> Pohl		1	11
Total	1.242	1.332	1.990

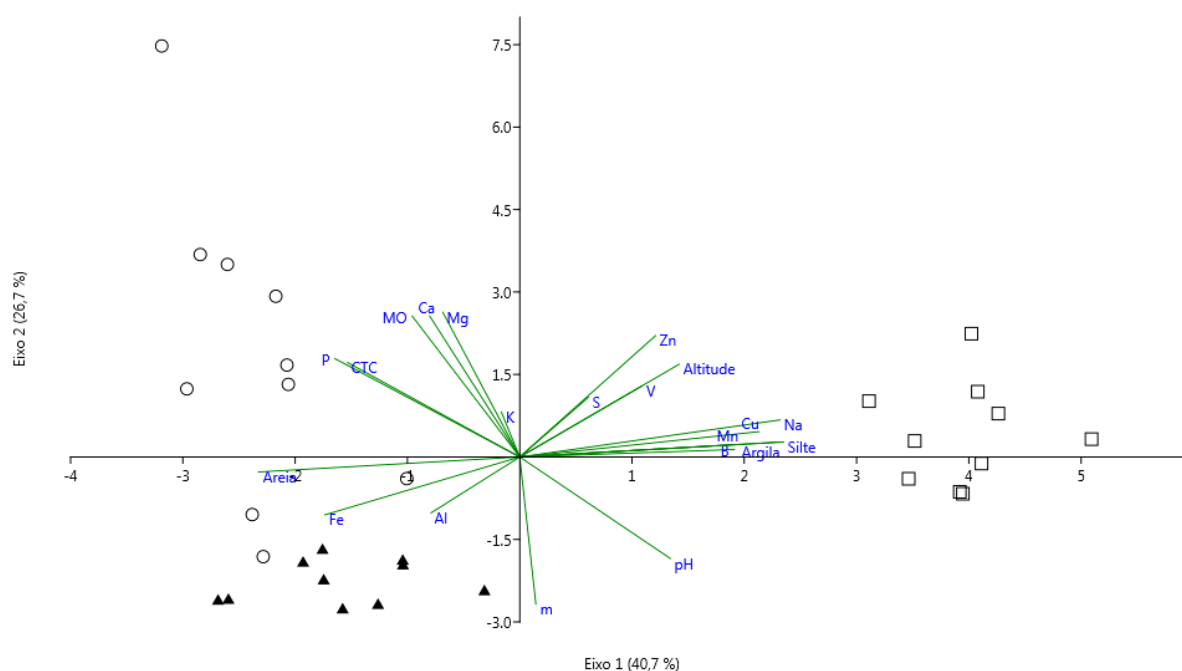
10.2. VALIDAÇÃO DA ANÁLISE DE AGRUPAMENTO

Anexo 2 - Resultados estatísticos dos diferentes métodos utilizados nas análises de agrupamento com base na correlação cofenética e distância de Gower, para a vegetação arbustivo-arbórea amostrada no Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico, Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico e Cerrado Típico em Latossolo Vermelho, Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais.

Método	Correlação cofenética	Distância de Gower
Single	0,84	23,1
UPGMA	0,90	2,60
Complete	0,85	13,0

10.3. SELEÇÃO DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS E MATRIZES DE CORRELAÇÃO

Anexo 3 - Análise de Componentes Principais preliminar com as 21 variáveis ambientais (variáveis de solo e altitude) registradas no Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico (○), Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico (▲) e Cerrado Típico em Latossolo Vermelho (□), amostrados no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. P = fósforo; K = potássio; Mg = magnésio; Ca = cálcio; Al = alumínio; S = enxofre; Na = Sódio; Zn = Zinco; B = Boro; Cu = cobre; Fe = ferro; Mn = manganês; m = Saturação por alumínio; V = Saturação de bases; CTC = Capacidade de troca catiônica; MO = Matéria orgânica.



Anexo 4 - Coeficientes de correlação entre os eixos da Análise de Componentes Principais preliminar e as variáveis ambientais registradas no Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico, Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico e Cerrado Típico em Latossolo Vermelho, amostrados no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. P = fósforo; K = potássio; Mg = magnésio; Ca = cálcio; Al = alumínio; S = enxofre; Na = Sódio; Zn = Zinco; B = Boro; Cu = cobre; Fe = ferro; Mn = manganês; m = Saturação por alumínio; V = Saturação de bases; CTC = Capacidade de troca catiônica; MO = Matéria orgânica.

	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6	PC 7	PC 8	PC 9	PC 10	PC 11	PC 12	PC 13	PC 14	PC 15	PC 16	PC 17	PC 18	PC 19	PC 20	PC 21
Ca *	-0,11	0,36	0,12	0,18	-0,03	0,25	0,02	-0,15	-0,01	-0,11	0,28	-0,15	-0,27	-0,25	0,01	-0,33	0,56	0,00	-0,04	0,21	<< 0,0001
Mg	-0,10	0,37	0,04	0,07	-0,15	0,28	0,05	-0,25	0,08	-0,06	-0,31	-0,12	0,45	0,14	-0,18	0,05	-0,09	0,48	-0,27	0,02	<< 0,0001
Al	-0,11	-0,14	-0,26	0,54	0,01	0,49	0,05	-0,01	-0,29	0,12	-0,07	0,18	0,05	0,07	0,16	-0,08	-0,18	-0,34	-0,20	0,01	<< 0,0001
K	-0,02	0,11	0,39	0,50	0,31	-0,19	-0,41	0,42	0,00	0,00	-0,19	0,09	-0,06	-0,01	-0,09	0,08	0,05	0,16	-0,07	-0,04	<< 0,0001
P *	-0,23	0,25	-0,11	-0,10	-0,20	-0,14	-0,02	0,38	0,14	0,09	0,00	0,31	0,38	0,32	0,29	-0,34	0,21	-0,10	0,16	0,06	<< 0,0001
MO *	-0,13	0,36	-0,05	0,07	-0,07	0,03	0,19	0,25	0,04	-0,04	0,57	0,08	-0,19	-0,04	0,17	0,24	-0,47	0,25	-0,04	0,02	<< 0,0001
S	0,09	0,15	0,18	-0,45	0,53	0,35	0,07	0,10	-0,41	-0,07	-0,06	0,30	0,11	-0,13	0,10	-0,05	-0,01	0,08	0,09	-0,05	<< 0,0001
Na	0,32	0,09	-0,10	0,03	-0,02	-0,01	0,03	0,04	-0,16	-0,02	0,19	0,05	0,18	0,25	0,05	0,66	0,49	-0,11	-0,16	0,07	<< 0,0001
Zn	0,17	0,31	-0,16	0,11	0,18	-0,25	0,22	-0,12	-0,29	0,06	-0,02	0,02	-0,24	0,51	-0,43	-0,22	-0,09	-0,04	0,15	0,09	<< 0,0001
B	0,27	0,02	-0,01	-0,18	-0,09	0,45	0,09	0,53	0,28	0,33	-0,16	-0,28	-0,22	0,10	-0,20	-0,01	0,01	-0,05	-0,03	0,10	<< 0,0001
Cu	0,30	0,06	0,02	0,14	0,06	-0,26	0,17	0,01	-0,23	0,59	0,13	-0,27	0,35	-0,34	0,15	-0,17	-0,04	0,09	-0,05	0,03	<< 0,0001
Fe	-0,24	-0,15	0,10	0,03	0,49	0,07	0,13	-0,09	0,43	0,15	0,39	0,01	0,32	0,11	-0,34	0,00	0,03	-0,20	-0,08	-0,01	<< 0,0001
Mn	0,27	0,03	0,03	0,23	0,13	-0,11	0,67	0,05	0,34	-0,27	-0,27	0,22	-0,05	-0,16	0,18	-0,04	0,08	-0,01	-0,06	-0,13	<< 0,0001
CTC	-0,21	0,24	-0,28	0,13	0,28	0,07	0,00	-0,01	0,07	-0,05	-0,19	-0,45	0,06	-0,06	0,19	0,25	0,02	-0,10	0,58	-0,13	<< 0,0001
V	0,15	0,18	0,50	0,11	-0,34	0,18	0,01	-0,23	0,06	0,22	0,03	0,27	0,05	-0,03	-0,13	0,14	-0,09	-0,23	0,45	-0,22	<< 0,0001
m *	0,02	-0,37	-0,26	0,19	-0,02	0,15	0,05	0,03	0,00	0,14	0,11	0,29	-0,01	-0,04	-0,16	0,01	0,23	0,61	0,40	0,05	<< 0,0001
pH *	0,19	-0,26	0,38	0,08	0,11	0,13	0,02	-0,15	0,04	-0,08	0,13	-0,27	-0,02	0,51	0,49	-0,13	-0,07	0,18	0,11	0,16	<< 0,0001
Argila *	0,32	0,04	-0,16	0,05	0,00	0,09	-0,21	0,06	0,05	-0,22	0,21	-0,08	0,11	0,03	-0,05	-0,22	-0,01	0,02	-0,01	-0,48	0,64622
Silte	0,33	0,04	-0,09	0,07	0,01	0,02	-0,18	0,01	0,13	-0,30	0,02	0,08	0,24	-0,21	-0,11	-0,02	-0,24	-0,14	0,20	0,70	0,11078
Areia	-0,33	-0,04	0,15	-0,05	0,00	-0,08	0,20	-0,05	-0,06	0,23	-0,18	0,06	-0,13	0,01	0,06	0,19	0,04	0,01	-0,02	0,31	0,75506
Altitude	0,20	0,24	-0,25	-0,07	0,23	0,01	-0,34	-0,36	0,38	0,37	-0,09	0,29	-0,25	0,03	0,28	0,02	-0,03	0,06	-0,12	0,02	<< 0,0001

* Variáveis selecionadas para PCA final;

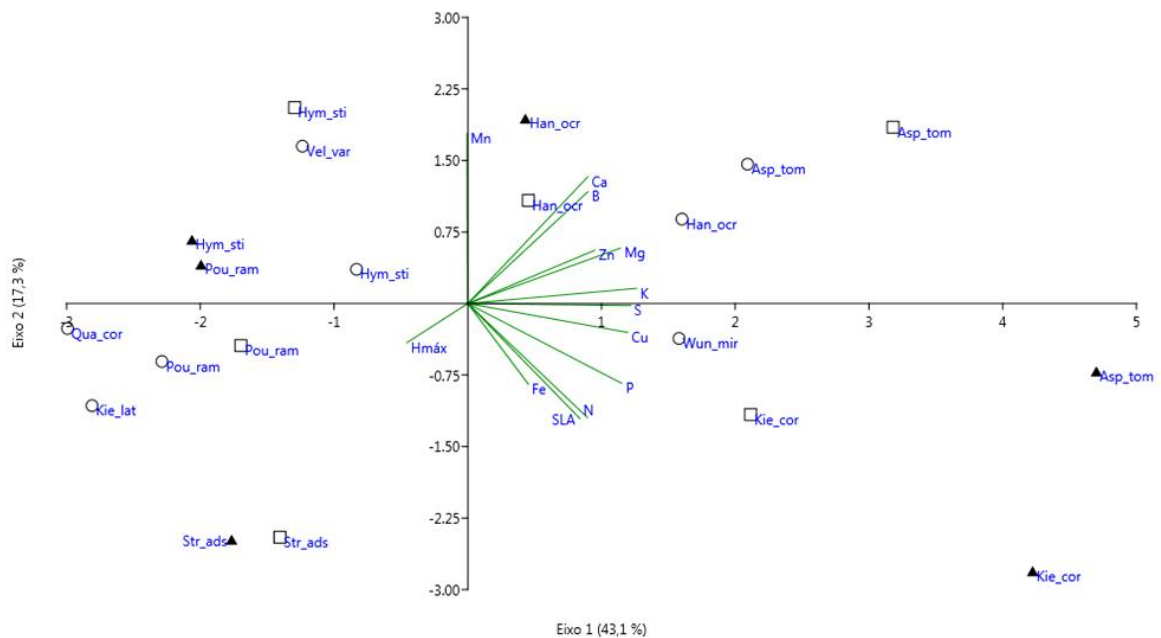
Variáveis em negrito apresentaram baixa com relação com os dois primeiros eixos.

Anexo 5 - Coeficientes de correlação de *Spearman* entre variáveis ambientais registradas no Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico, Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico e Cerrado Típico em Latossolo Vermelho, amostrados no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. P = fósforo; K = potássio; Mg = magnésio; Ca = cálcio; Al = alumínio; S = enxofre; Na = Sódio; Zn = Zinco; B = Boro; Cu = cobre; Fe = ferro; Mn = manganês; m = Saturação por alumínio; V = Saturação de bases; CTC = Capacidade de troca catiônica; MO = Matéria orgânica.

	Ca	Mg	Al	K	P	MO	S	Na	Zn	B	Cu	Fe	Mn	CTC	V	m	pH	Argila	Silte	Areia	Altitude
Ca		0,99	-0,03	0,15	0,56	0,68	0,17	-0,03	0,42	-0,25	-0,18	-0,07	-0,03	0,59	0,29	-0,71	-0,46	-0,19	-0,13	0,16	0,23
Mg	0,99		-0,06	0,10	0,55	0,66	0,17	0,02	0,42	-0,22	-0,16	-0,12	-0,05	0,56	0,28	-0,71	-0,45	-0,18	-0,12	0,16	0,22
Al	-0,03	-0,06		-0,04	0,05	-0,09	-0,42	-0,29	-0,31	-0,32	-0,14	0,40	-0,13	0,29	-0,26	0,66	-0,17	-0,12	-0,23	0,17	-0,28
K	0,15	0,10	-0,04		0,00	0,01	0,04	0,11	0,21	-0,03	0,18	0,02	0,19	0,02	0,41	-0,32	0,12	0,08	0,14	-0,11	-0,08
P	0,56	0,55	0,05	0,00		0,51	-0,11	-0,62	-0,13	-0,64	-0,75	0,45	-0,62	0,73	-0,29	-0,31	-0,74	-0,75	-0,69	0,72	-0,30
MO	0,68	0,66	-0,09	0,01	0,51		0,23	0,05	0,57	-0,14	-0,13	0,07	-0,02	0,78	-0,22	-0,52	-0,65	-0,21	-0,14	0,19	0,36
S	0,17	0,17	-0,42	0,04	-0,11	0,23		0,17	0,26	0,34	0,21	-0,11	0,07	0,03	0,09	-0,37	0,00	0,05	0,07	-0,06	0,30
Na	-0,03	0,02	-0,29	0,11	-0,62	0,05	0,17		0,68	0,64	0,79	-0,80	0,67	-0,37	0,40	-0,20	0,31	0,72	0,71	-0,69	0,63
Zn	0,42	0,42	-0,31	0,21	-0,13	0,57	0,26	0,68		0,34	0,56	-0,60	0,56	0,19	0,24	-0,55	-0,19	0,35	0,41	-0,37	0,68
B	-0,25	-0,22	-0,32	-0,03	-0,64	-0,14	0,34	0,64	0,34		0,64	-0,62	0,52	-0,43	0,17	0,01	0,37	0,56	0,56	-0,54	0,40
Cu	-0,18	-0,16	-0,14	0,18	-0,75	-0,13	0,21	0,79	0,56	0,64		-0,64	0,76	-0,42	0,41	-0,05	0,33	0,71	0,74	-0,71	0,47
Fe	-0,07	-0,12	0,40	0,02	0,45	0,07	-0,11	-0,80	-0,60	-0,62	-0,64		-0,51	0,40	-0,48	0,29	-0,18	-0,64	-0,64	0,64	-0,58
Mn	-0,03	-0,05	-0,13	0,19	-0,62	-0,02	0,07	0,67	0,56	0,52	0,76	-0,51		-0,36	0,44	-0,16	0,39	0,63	0,71	-0,67	0,41
CTC	0,59	0,56	0,29	0,02	0,73	0,78	0,03	-0,37	0,19	-0,43	-0,42	0,40	-0,36		-0,51	-0,20	-0,80	-0,53	-0,47	0,51	-0,03
V	0,29	0,28	-0,26	0,41	-0,29	-0,22	0,09	0,40	0,24	0,17	0,41	-0,48	0,44	-0,51		-0,46	0,44	0,46	0,46	-0,47	0,26
M	-0,71	-0,71	0,66	-0,32	-0,31	-0,52	-0,37	-0,20	-0,55	0,01	-0,05	0,29	-0,16	-0,20	-0,46		0,15	0,03	-0,11	0,04	-0,31
pH	-0,46	-0,45	-0,17	0,12	-0,74	-0,65	0,00	0,31	-0,19	0,37	0,33	-0,18	0,39	-0,80	0,44	0,15		0,45	0,42	-0,43	-0,04
Argila	-0,19	-0,18	-0,12	0,08	-0,75	-0,21	0,05	0,72	0,35	0,56	0,71	-0,64	0,63	-0,53	0,46	0,03	0,45		0,94	-0,99	0,62
Silte	-0,13	-0,12	-0,23	0,14	-0,69	-0,14	0,07	0,71	0,41	0,56	0,74	-0,64	0,71	-0,47	0,46	-0,11	0,42	0,94		-0,98	0,60
Areia	0,16	0,16	0,17	-0,11	0,72	0,19	-0,06	-0,69	-0,37	-0,54	-0,71	0,64	-0,67	0,51	-0,47	0,04	-0,43	-0,99	-0,98		-0,62
Altitude	0,23	0,22	-0,28	-0,08	-0,30	0,36	0,30	0,63	0,68	0,40	0,47	-0,58	0,41	-0,03	0,26	-0,31	-0,04	0,62	0,60	-0,62	

10.4. SELEÇÃO DE ATRIBUTOS FUNCIONAIS E MATRIZES DE CORRELAÇÃO

Anexo 6 - Análise de Componentes Principais preliminar com os doze atributos funcionais das espécies arbustivo-arbóreas em relação ao Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico (○), Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico (▲) e Cerrado Típico em Latossolo Vermelho (□), amostrados no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. N = Concentração foliar de Nitrogênio; P = Concentração foliar de fósforo ; K = Concentração foliar de potássio ; Mg = Concentração foliar de magnésio ; Ca = Concentração foliar de cálcio ; S = Concentração foliar de enxofre ; B = Concentração foliar de Boro ; Ca = Concentração foliar de cálcio ; Zn = Concentração foliar de zinco ; Fe = Concentração foliar de ferro ; Mn = Concentração foliar de manganês ; Cu = Concentração foliar de cobre ; SLA = área foliar específica; Hmáx: altura máxima.



Anexo 7 - Coeficientes de correlação entre os eixos da Análise de Componentes Principais preliminar e os atributos funcionais avaliados para as espécies arbustivo-arbóreas amostradas no Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico, Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico e Cerrado Típico em Latossolo Vermelho, Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. N = Concentração foliar de Nitrogênio; P = Concentração foliar de fósforo; K = Concentração foliar de potássio; Mg = Concentração foliar de magnésio; Ca = Concentração foliar de cálcio; S = Concentração foliar de enxofre; B = Concentração foliar de Boro; Ca = Concentração foliar de cálcio; Zn = Concentração foliar de zinco; Fe = Concentração foliar de ferro; Mn = Concentração foliar de manganês; Cu = Concentração foliar de cobre; SLA = área foliar específica; Hmáx = altura total.

	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6	PC 7	PC 8	PC 9	PC 10	PC 11	PC 12	PC 13
N	0,26	-0,35	0,27	-0,21	-0,24	0,29	0,36	0,06	-0,03	0,06	0,54	0,32	0,13
P *	0,34	-0,25	0,06	0,28	-0,08	0,16	-0,40	-0,29	-0,25	-0,47	-0,18	0,11	0,36
K *	0,37	0,05	-0,13	0,14	0,01	-0,41	-0,08	0,00	-0,44	0,32	-0,01	0,48	-0,35
Ca *	0,26	0,39	0,04	-0,40	0,19	0,09	-0,09	0,28	-0,16	0,28	-0,19	0,04	0,59
Mg *	0,34	0,17	0,20	-0,29	-0,20	0,09	-0,42	0,28	0,44	-0,24	-0,07	0,12	-0,41
S	0,36	-0,01	0,03	0,12	-0,22	0,48	0,14	-0,18	-0,12	0,40	-0,31	-0,44	-0,26
B	0,26	0,34	0,33	-0,18	0,14	-0,32	0,06	-0,47	-0,10	-0,17	0,37	-0,38	-0,06
Zn	0,28	0,16	-0,43	0,40	0,03	0,03	-0,18	-0,06	0,46	0,24	0,44	-0,04	0,21
Cu	0,35	-0,09	-0,19	0,18	0,28	-0,06	0,33	0,58	-0,15	-0,40	0,04	-0,31	-0,09
Mn	0,00	0,52	0,26	0,40	0,09	0,21	0,43	-0,09	0,15	-0,19	-0,19	0,40	-0,01
Fe	0,13	-0,25	-0,19	-0,29	0,72	0,23	0,05	-0,32	0,19	-0,01	-0,11	0,19	-0,18
SLA *	0,25	-0,36	0,30	0,10	-0,02	-0,50	0,21	-0,02	0,44	0,18	-0,37	-0,05	0,22
Hmáx *	-0,13	-0,12	0,58	0,36	0,42	0,13	-0,35	0,25	-0,07	0,26	0,19	-0,08	-0,07

* Variáveis selecionadas para PCA final;

Variáveis em negrito apresentaram baixa com relação com os dois primeiros eixos.

Anexo 8 - Coeficientes de correlação de *Spearman* entre os atributos funcionais avaliados para as espécies arbustivo-arbóreas amostradas no Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico, Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico e Cerrado Típico em Latossolo Vermelho, Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. N = Concentração foliar de Nitrogênio; P = Concentração foliar de fósforo; K = Concentração foliar de potássio; Mg = Concentração foliar de magnésio; Ca = Concentração foliar de cálcio; S = Concentração foliar de enxofre; B = Concentração foliar de Boro; Ca = Concentração foliar de cálcio; Zn = Concentração foliar de zinco; Fe = Concentração foliar de ferro; Mn = Concentração foliar de manganês; Cu = Concentração foliar de cobre e SLA = área foliar específica; Hmáx = altura máxima.

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu	Mn	Fe	SLA	Hmáx
N		0,54	0,26	0,02	0,40	0,54	0,13	0,01	0,38	-0,36	0,34	0,69	-0,05
P	0,54		0,64	0,41	0,43	0,79	0,37	0,52	0,71	0,12	0,19	0,57	-0,05
K	0,26	0,64		0,75	0,69	0,56	0,64	0,77	0,75	0,04	0,26	0,40	-0,34
Ca	0,02	0,41	0,75		0,75	0,48	0,83	0,59	0,61	0,36	0,32	0,04	-0,43
Mg	0,40	0,43	0,69	0,75		0,54	0,67	0,49	0,57	0,05	0,23	0,29	-0,57
S	0,54	0,79	0,56	0,48	0,54		0,32	0,64	0,64	0,18	0,32	0,33	-0,32
B	0,13	0,37	0,64	0,83	0,67	0,32		0,29	0,46	0,43	0,21	0,20	-0,19
Zn	0,01	0,52	0,77	0,59	0,49	0,64	0,29		0,72	0,11	0,25	0,08	-0,48
Cu	0,38	0,71	0,75	0,61	0,57	0,64	0,46	0,72		-0,01	0,53	0,37	-0,33
Mn	-0,36	0,12	0,04	0,36	0,05	0,18	0,43	0,11	-0,01		-0,33	-0,38	-0,05
Fe	0,34	0,19	0,26	0,32	0,23	0,32	0,21	0,25	0,53	-0,33		0,28	0,08
SLA	0,69	0,57	0,40	0,04	0,29	0,33	0,20	0,08	0,37	-0,38	0,28		0,27
Hmáx	-0,05	-0,05	-0,34	-0,43	-0,57	-0,32	-0,19	-0,48	-0,33	-0,05	0,08	0,27	

10.5. DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA HORIZONTAL DA VEGETAÇÃO

Anexo 9 - Parâmetros fitossociológicos para as espécies arbustivo-arbóreas do Cerrado Rupestre em Neossolo Litólico amostrado no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. As espécies estão listadas em ordem decrescente do valor de importância (VI). DA = Densidade absoluta (ind. /ha); DR = Densidade relativa (%); FA = Frequência absoluta (%); FR = Frequência relativa (%); DoA = Dominância absoluta (m²/ha); DoR = dominância relativa (%); VC = Valor de Cobertura (%) e VI = Valor de Importância (%).

Nome Científico	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC	VC	VI	VI
<i>Vellozia variabilis</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.	592	29,75	70	3,87	3,54	25,16	54,91	27,46	58,78	19,59
<i>Vellozia squamata</i> Pohl	572	28,74	70	3,87	3,38	24,03	52,77	26,38	56,64	18,88
<i>Eremanthus elaeagnus</i> (Mart. Ex DC.) Sch.Bip.	189	9,50	100	5,52	0,96	6,82	16,32	8,16	21,85	7,28
<i>Pterodon pubescens</i> (Benth.) Benth.	30	1,51	60	3,31	1,51	10,74	12,25	6,12	15,56	5,19
<i>Wunderlichia mirabilis</i> Riedel ex Baker	86	4,32	50	2,76	0,97	6,92	11,24	5,62	14,00	4,67
<i>Kielmeyera lathrophyton</i> Saddi	68	3,42	80	4,42	0,38	2,70	6,12	3,06	10,54	3,51
<i>Syagrus comosa</i> (Mart.) Mart.	34	1,71	80	4,42	0,51	3,66	5,37	2,68	9,79	3,26
<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	24	1,21	80	4,42	0,24	1,72	2,92	1,46	7,34	2,45
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	38	1,91	50	2,76	0,36	2,56	4,47	2,24	7,23	2,41
<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil.	35	1,76	70	3,87	0,13	0,92	2,68	1,34	6,55	2,18
<i>Lychnophora rupestris</i> Semir	51	2,56	50	2,76	0,14	1,00	3,57	1,78	6,33	2,11
<i>Vochysia thyrsoidea</i> Pohl	11	0,55	60	3,31	0,26	1,85	2,40	1,20	5,71	1,90
<i>Qualea cordata</i> (Mart.) Spreng.	14	0,70	60	3,31	0,17	1,19	1,89	0,95	5,21	1,74
<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	13	0,65	60	3,31	0,11	0,75	1,41	0,70	4,72	1,57
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart. & Zucc.	36	1,81	30	1,66	0,17	1,23	3,04	1,52	4,69	1,56
<i>Erythroxylum campestre</i> A.St.-Hil.	16	0,80	60	3,31	0,05	0,34	1,15	0,57	4,46	1,49
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	16	0,80	50	2,76	0,11	0,80	1,61	0,80	4,37	1,46
<i>Guapira graciliflora</i> (Mart.exSchmidt) Lundell	18	0,90	50	2,76	0,08	0,55	1,45	0,73	4,21	1,40
<i>Ouratea hexasperma</i> (A.St.-Hil.) Baill.	10	0,50	60	3,31	0,03	0,24	0,74	0,37	4,05	1,35
<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltldl.) K.Schum.	7	0,35	50	2,76	0,02	0,16	0,51	0,25	3,27	1,09
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	11	0,55	40	2,21	0,07	0,49	1,04	0,52	3,25	1,08
<i>Miconia ferruginata</i> DC.	8	0,40	40	2,21	0,07	0,51	0,91	0,46	3,12	1,04

Nome Científico	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC	VC	VI	VI
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	17	0,85	20	1,10	0,15	1,07	1,92	0,96	3,03	1,01
<i>Antonia ovata</i> Pohl.	8	0,40	40	2,21	0,04	0,26	0,66	0,33	2,87	0,96
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	5	0,25	40	2,21	0,02	0,13	0,38	0,19	2,59	0,86
<i>Ilex conocarpa</i> Reissek	7	0,35	30	1,66	0,08	0,58	0,93	0,47	2,59	0,86
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	11	0,55	30	1,66	0,04	0,25	0,81	0,40	2,46	0,82
<i>Couepia grandiflora</i> (Mart. & Zucc.) Benth.	6	0,30	30	1,66	0,05	0,34	0,64	0,32	2,30	0,77
<i>Mouriri pusa</i> Gardner	3	0,15	20	1,10	0,10	0,70	0,85	0,43	1,96	0,65
<i>Didymopanax vinosus</i> (Cham. & Schltdl.) Marchal	3	0,15	30	1,66	0,01	0,06	0,22	0,11	1,87	0,62
<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	3	0,15	20	1,10	0,03	0,22	0,37	0,19	1,48	0,49
<i>Palicourea rigida</i> Kunth	4	0,20	20	1,10	0,01	0,07	0,27	0,14	1,38	0,46
<i>Chomelia ribesioides</i> Benth. Ex A.Gray	3	0,15	20	1,10	0,01	0,08	0,23	0,12	1,34	0,45
<i>Vochysia gardneri</i> Warm.	2	0,10	20	1,10	0,02	0,14	0,24	0,12	1,35	0,45
<i>Himatanthus obovatus</i> (Müll.Arg.) Woodson	3	0,15	20	1,10	0,01	0,06	0,21	0,11	1,32	0,44
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	2	0,10	20	1,10	0,01	0,04	0,14	0,07	1,25	0,42
<i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & Hook.f.	8	0,40	10	0,55	0,04	0,28	0,68	0,34	1,24	0,41
<i>Agarista angustissima</i> Taub.	6	0,30	10	0,55	0,04	0,31	0,61	0,30	1,16	0,39
<i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.	4	0,20	10	0,55	0,02	0,10	0,31	0,15	0,86	0,29
<i>Symplocos nitens</i> (Pohl) Benth.	1	0,05	10	0,55	0,04	0,26	0,31	0,16	0,87	0,29
<i>Schwartzia adamantium</i> (Cambess.) Bedell ex Gir.-Cañas	2	0,10	10	0,55	0,03	0,18	0,28	0,14	0,83	0,28
<i>Leptolobium dasycarpum</i> Vogel	3	0,15	10	0,55	0,02	0,10	0,26	0,13	0,81	0,27
<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	1	0,05	10	0,55	0,03	0,18	0,23	0,11	0,78	0,26
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	2	0,10	10	0,55	0,02	0,11	0,22	0,11	0,77	0,26
<i>Nectandra angustifolia</i> (Schrad.) Nees	2	0,10	10	0,55	0,00	0,03	0,13	0,07	0,68	0,23
<i>Neea theifera</i> Oerst.	2	0,10	10	0,55	0,01	0,04	0,14	0,07	0,69	0,23
<i>Byrsonima pachyphylla</i> A.Juss.	1	0,05	10	0,55	0,00	0,02	0,07	0,03	0,62	0,21
<i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil.	1	0,05	10	0,55	0,00	0,03	0,08	0,04	0,63	0,21
<i>Miconia leucocarpa</i> DC.	1	0,05	10	0,55	0,00	0,02	0,07	0,03	0,62	0,21
Total	1.990	100	1.810	100	14,00	100	200	100	300	100

Anexo 10 - Parâmetros fitossociológicos para as espécies arbustivo-arbóreas do Cerrado Típico em Neossolo Quartzarênico (CTNQ), com espécies listadas em ordem decrescente do valor de importância (VI). DA = Densidade absoluta (ind. /ha); DR = Densidade relativa (%); FA = Frequência absoluta (%); FR = Frequência relativa (%); DoA = Dominância absoluta (m²/ha); DoR = dominância relativa (%); VC = Valor de Cobertura (%) e VI = Valor de Importância (%).

Nome Científico	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC	VC	VI	VI
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	158	12,72	90	3,38	2,16	16,28	29,00	14,50	32,38	10,79
<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	58	4,67	90	3,38	1,02	7,68	12,35	6,18	15,74	5,25
<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	61	4,91	100	3,76	0,58	4,39	9,30	4,65	13,06	4,35
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart. & Zucc.	77	6,20	90	3,38	0,38	2,89	9,09	4,54	12,47	4,16
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	34	2,74	70	2,63	0,91	6,88	9,62	4,81	12,25	4,08
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	56	4,51	60	2,26	0,61	4,61	9,12	4,56	11,37	3,79
<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	58	4,67	50	1,88	0,52	3,90	8,57	4,28	10,45	3,48
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	32	2,58	70	2,63	0,60	4,52	7,10	3,55	9,73	3,24
<i>Eremanthus elaeagnus</i> (Mart. Ex DC.) Sch.Bip.	67	5,39	40	1,50	0,36	2,72	8,11	4,06	9,62	3,21
<i>Hyptidendron canum</i> (Pohl ex Benth.) Harley	50	4,03	70	2,63	0,39	2,90	6,92	3,46	9,55	3,18
<i>Syagrus flexuosa</i> (Mart.) Becc.	26	2,09	60	2,26	0,55	4,16	6,25	3,13	8,51	2,84
<i>Qualea dichotoma</i> (Mart.) Warm.	24	1,93	70	2,63	0,51	3,84	5,77	2,88	8,40	2,80
<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.	40	3,22	100	3,76	0,17	1,30	4,52	2,26	8,28	2,76
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	42	3,38	70	2,63	0,24	1,82	5,20	2,60	7,83	2,61
<i>Machaerium opacum</i> Vogel	21	1,69	90	3,38	0,27	2,03	3,72	1,86	7,11	2,37
<i>Guapira graciliflora</i> (Mart.exSchmidt) Lundell	38	3,06	60	2,26	0,18	1,37	4,43	2,21	6,69	2,23
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	30	2,42	80	3,01	0,16	1,20	3,62	1,81	6,63	2,21
<i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J.F. Macbr.	13	1,05	60	2,26	0,38	2,88	3,92	1,96	6,18	2,06
<i>Eugenia aurata</i> O.Berg	34	2,74	30	1,13	0,30	2,25	4,99	2,50	6,12	2,04
<i>Roupala montana</i> Aubl.	22	1,77	60	2,26	0,13	0,98	2,75	1,37	5,00	1,67
<i>Leptolobium dasycarpum</i> Vogel	21	1,69	60	2,26	0,11	0,83	2,52	1,26	4,78	1,59
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	15	1,21	60	2,26	0,16	1,20	2,40	1,20	4,66	1,55
<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	14	1,05	60	2,26	0,11	0,80	1,85	0,92	4,11	1,37
<i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.	21	1,69	40	1,50	0,12	0,89	2,58	1,29	4,09	1,36

Nome Científico	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC	VC	VI	VI
<i>Strychnos pseudoquina</i> A.St.-Hil.	9	0,72	40	1,50	0,21	1,59	2,32	1,16	3,82	1,27
<i>Eremanthus incanus</i> (Less.) Less.	11	0,89	50	1,88	0,13	0,99	1,88	0,94	3,76	1,25
<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.	7	0,56	10	0,38	0,37	2,81	3,37	1,69	3,75	1,25
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	16	1,29	20	0,75	0,22	1,62	2,91	1,45	3,66	1,22
<i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & Hook.f.	10	0,81	50	1,88	0,08	0,61	1,41	0,71	3,29	1,10
<i>Didymopanax macrocarpus</i> (Cham. & Schltdl.) Seem.	9	0,72	60	2,26	0,04	0,28	1,01	0,50	3,27	1,09
<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K.Schum.	9	0,72	60	2,26	0,03	0,23	0,95	0,47	3,21	1,07
<i>Plenckia populnea</i> Reissek	17	1,37	20	0,75	0,13	1,01	2,38	1,19	3,13	1,04
<i>Kielmeyera lathrophyton</i> Saddi	12	0,97	10	0,38	0,18	1,37	2,34	1,17	2,72	0,91
<i>Davilla elliptica</i> A.St.-Hil.	11	0,89	40	1,50	0,04	0,28	1,16	0,58	2,67	0,89
<i>Eugenia dysenterica</i> (Mart.) DC.	9	0,72	40	1,50	0,06	0,43	1,16	0,58	2,66	0,89
<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil.	10	0,81	40	1,50	0,04	0,26	1,07	0,53	2,57	0,86
<i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker	10	0,81	30	1,13	0,09	0,64	1,44	0,72	2,57	0,86
<i>Tachigali aurea</i> Tul.	6	0,48	40	1,50	0,04	0,33	0,81	0,41	2,32	0,77
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	6	0,48	30	1,13	0,07	0,49	0,97	0,48	2,10	0,70
<i>Vochysia rufa</i> Mart.	7	0,56	30	1,13	0,05	0,35	0,92	0,46	2,04	0,68
<i>Palicourea rigida</i> Kunth	8	0,64	30	1,13	0,03	0,21	0,86	0,43	1,98	0,66
<i>Eremanthus glomerulatus</i> Less.	7	0,56	30	1,13	0,03	0,20	0,76	0,38	1,89	0,63
<i>Pterodon pubescens</i> (Benth.) Benth.	3	0,24	20	0,75	0,12	0,90	1,14	0,57	1,89	0,63
<i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) DC.	6	0,48	30	1,13	0,03	0,23	0,71	0,36	1,84	0,61
<i>Miconia ferruginata</i> DC.	4	0,32	30	1,13	0,02	0,11	0,43	0,22	1,56	0,52
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	4	0,32	20	0,75	0,02	0,12	0,44	0,22	1,20	0,40
<i>Ouratea hexasperma</i> (A.St.-Hil.) Baill.	4	0,32	20	0,75	0,01	0,10	0,43	0,21	1,18	0,39
<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	2	0,16	20	0,75	0,03	0,22	0,38	0,19	1,13	0,38
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	3	0,24	20	0,75	0,01	0,09	0,33	0,17	1,08	0,36
<i>Myrcia variabilis</i> DC.	2	0,16	20	0,75	0,02	0,13	0,29	0,14	1,04	0,35
<i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler	1	0,08	10	0,38	0,07	0,53	0,61	0,31	0,99	0,33
<i>Mouriri pusa</i> Gardner	3	0,24	10	0,38	0,05	0,36	0,60	0,30	0,98	0,33
<i>Byrsonima pachyphylla</i> A.Juss.	2	0,16	20	0,75	0,01	0,05	0,21	0,10	0,96	0,32

Nome Científico	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC	VC	VI	VI
<i>Neea theifera</i> Oerst.	2	0,16	20	0,75	0,01	0,05	0,21	0,10	0,96	0,32
<i>Terminalia glabrescens</i> Mart.	2	0,16	10	0,38	0,03	0,22	0,39	0,19	0,76	0,25
<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore	2	0,16	10	0,38	0,02	0,13	0,29	0,15	0,67	0,22
<i>Vellozia variabilis</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.	2	0,16	10	0,38	0,02	0,13	0,30	0,15	0,67	0,22
<i>Erythroxylum tortuosum</i> Mart.	2	0,16	10	0,38	0,01	0,10	0,26	0,13	0,64	0,21
<i>Diospyros lasiocalyx</i> (Mart.) B.Walln.	1	0,08	10	0,38	0,02	0,15	0,23	0,12	0,61	0,20
<i>Nectandra oppositifolia</i> Nees	2	0,16	10	0,38	0,01	0,04	0,20	0,10	0,58	0,19
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	1	0,08	10	0,38	0,01	0,07	0,15	0,07	0,53	0,18
<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc.) Schott & Endl.	1	0,08	10	0,38	0,01	0,05	0,13	0,07	0,51	0,17
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	1	0,08	10	0,38	0,01	0,04	0,12	0,06	0,50	0,17
<i>Rudgea virbunoides</i> (Cham.) Benth.	1	0,08	10	0,38	0,01	0,06	0,14	0,07	0,51	0,17
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	1	0,08	10	0,38	0,00	0,02	0,10	0,05	0,47	0,16
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	1	0,08	10	0,38	0,00	0,02	0,10	0,05	0,47	0,16
<i>Couepia grandiflora</i> (Mart. & Zucc.) Benth.	1	0,08	10	0,38	0,00	0,02	0,10	0,05	0,47	0,16
<i>Vochysia gardneri</i> Warm.	1	0,08	10	0,38	0,00	0,02	0,10	0,05	0,47	0,16
<i>Zeyheria montana</i> Mart.	1	0,08	10	0,38	0,01	0,03	0,12	0,06	0,49	0,16
Total	1.242	100	2.660	100	13,00	100	200	100	300	100

Anexo 11 - Parâmetros fitossociológicos para as espécies arbustivo-arbórea do Cerrado Típico em Latossolo Vermelho amostrado no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. As espécies estão listadas em ordem decrescente do valor de importância (VI). DA = Densidade absoluta (ind./ha); DR = Densidade relativa (%); FA = Frequência absoluta (%); FR = Frequência relativa (%); DoA = Dominância absoluta (m²/ha); DoR = dominância relativa (%); VC = Valor de Cobertura (%) e VI = Valor de Importância (%).

Nome Científico	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC	VC	VI	VI
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	240	18,02	90	3,69	1,53	18,19	36,21	18,10	39,90	13,30
<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	103	7,73	90	3,69	0,70	8,28	16,02	8,01	19,70	6,57
<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.	112	8,41	100	4,10	0,44	5,21	13,62	6,81	17,72	5,91
<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	94	7,06	90	3,69	0,51	6,10	13,16	6,58	16,85	5,62
<i>Leptolobium dasycarpum</i> Vogel	85	6,38	90	3,69	0,51	6,05	12,43	6,21	16,12	5,37
<i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J.F. Macbr.	43	3,23	70	2,87	0,47	5,56	8,78	4,39	11,65	3,88
<i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker	57	4,28	80	3,28	0,32	3,85	8,13	4,07	11,41	3,80
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	29	2,18	80	3,28	0,37	4,42	6,60	3,30	9,88	3,29
<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.	10	0,75	40	1,64	0,58	6,90	7,65	3,82	9,29	3,10
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart. & Zucc.	36	2,70	90	3,69	0,19	2,27	4,97	2,49	8,66	2,89
<i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & Hook.f.	46	3,45	60	2,46	0,22	2,66	6,12	3,06	8,57	2,86
<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil.	44	3,30	80	3,28	0,16	1,90	5,21	2,60	8,49	2,83
<i>Roupala montana</i> Aubl.	52	3,90	50	2,05	0,19	2,29	6,20	3,10	8,25	2,75
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	29	2,18	90	3,69	0,17	2,07	4,24	2,12	7,93	2,64
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	29	2,18	70	2,87	0,17	1,98	4,16	2,08	7,03	2,34
<i>Byrsonima pachyphylla</i> A.Juss.	24	1,80	80	3,28	0,13	1,54	3,34	1,67	6,62	2,21
<i>Hyptidendron canum</i> (Pohl ex Benth.) Harley	33	2,48	40	1,64	0,21	2,50	4,97	2,49	6,61	2,20
<i>Erythroxylum tortuosum</i> Mart.	25	1,88	80	3,28	0,10	1,14	3,01	1,51	6,29	2,10
<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K.Schum.	21	1,58	90	3,69	0,08	1,00	2,58	1,29	6,26	2,09
<i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil.	24	1,80	80	3,28	0,09	1,04	2,84	1,42	6,12	2,04
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	19	1,43	80	3,28	0,08	0,99	2,42	1,21	5,69	1,90
<i>Ouratea hexasperma</i> (A.St.-Hil.) Baill.	26	1,95	60	2,46	0,09	1,09	3,04	1,52	5,50	1,83
<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	12	0,90	40	1,64	0,12	1,43	2,33	1,16	3,97	1,32
<i>Syagrus comosa</i> (Mart.) Mart.	4	0,30	40	1,64	0,13	1,57	1,87	0,93	3,51	1,17

Nome Científico	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC	VC	VI	VI
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	13	0,98	40	1,64	0,07	0,82	1,79	0,90	3,43	1,14
<i>Kielmeyera speciosa</i> A.St.-Hil.	9	0,68	50	2,05	0,06	0,67	1,35	0,67	3,40	1,13
<i>Eremanthus glomerulatus</i> Less.	10	0,75	50	2,05	0,03	0,39	1,14	0,57	3,19	1,06
<i>Didymopanax macrocarpus</i> (Cham. & Schltdl.) Seem.	10	0,75	40	1,64	0,04	0,50	1,25	0,63	2,89	0,96
<i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.	11	0,83	20	0,82	0,05	0,60	1,42	0,71	2,24	0,75
<i>Couepia grandiflora</i> (Mart. & Zucc.) Benth.	4	0,30	40	1,64	0,02	0,21	0,51	0,26	2,15	0,72
<i>Myrcia variabilis</i> DC.	6	0,45	30	1,23	0,04	0,46	0,91	0,45	2,14	0,71
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	7	0,53	20	0,82	0,06	0,70	1,22	0,61	2,04	0,68
<i>Eremanthus elaeagnus</i> (Mart. Ex DC.) Sch.Bip.	5	0,38	10	0,41	0,09	1,08	1,46	0,73	1,87	0,62
<i>Neea theifera</i> Oerst.	4	0,30	30	1,23	0,02	0,21	0,51	0,25	1,74	0,58
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	7	0,53	20	0,82	0,02	0,28	0,81	0,40	1,63	0,54
<i>Palicourea rigida</i> Kunth	3	0,23	30	1,23	0,01	0,10	0,33	0,16	1,56	0,52
<i>Machaerium opacum</i> Vogel	3	0,23	20	0,82	0,04	0,50	0,72	0,36	1,54	0,51
<i>Eugenia dysenterica</i> (Mart.) DC.	5	0,38	20	0,82	0,03	0,30	0,68	0,34	1,50	0,50
<i>Diospyros lasiocalyx</i> (Mart.) B.Walln.	5	0,38	20	0,82	0,02	0,23	0,61	0,30	1,43	0,48
<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	3	0,23	20	0,82	0,02	0,23	0,45	0,23	1,27	0,42
<i>Aegiphila verticillata</i> Vell.	2	0,15	20	0,82	0,01	0,16	0,31	0,15	1,13	0,38
<i>Davilla elliptica</i> A.St.-Hil.	3	0,23	20	0,82	0,01	0,11	0,33	0,17	1,15	0,38
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	1	0,08	10	0,41	0,05	0,62	0,70	0,35	1,11	0,37
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	1	0,08	10	0,41	0,05	0,64	0,71	0,36	1,12	0,37
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	2	0,15	20	0,82	0,01	0,08	0,23	0,12	1,05	0,35
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	2	0,15	20	0,82	0,01	0,06	0,21	0,11	1,03	0,34
<i>Qualea cordata</i> (Mart.) Spreng.	2	0,15	10	0,41	0,04	0,42	0,57	0,28	0,98	0,33
<i>Guapira graciliflora</i> (Mart.exSchmidt) Lundell	4	0,30	10	0,41	0,01	0,12	0,42	0,21	0,83	0,28
<i>Matayba mollis</i> Radlk.	3	0,23	10	0,41	0,01	0,11	0,34	0,17	0,75	0,25
<i>Byrsonima dealbata</i> Griseb.	2	0,15	10	0,41	0,01	0,06	0,21	0,10	0,62	0,21
<i>Cordia elliptica</i> (Cham.) Kuntze	1	0,08	10	0,41	0,01	0,06	0,14	0,07	0,55	0,18
<i>Eremanthus polycephalus</i> (DC.) MacLeish	1	0,08	10	0,41	0,00	0,05	0,12	0,06	0,53	0,18
<i>Heteropterys byrsonimifolia</i> A.Juss.	1	0,08	10	0,41	0,00	0,05	0,12	0,06	0,53	0,18

Nome Científico	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VC	VC	VI	VI
<i>Syagrus flexuosa</i> (Mart.) Becc.	1	0,08	10	0,41	0,00	0,05	0,13	0,06	0,54	0,18
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	1	0,08	10	0,41	0,00	0,04	0,11	0,06	0,52	0,17
<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	1	0,08	10	0,41	0,00	0,03	0,11	0,05	0,52	0,17
<i>Vochysia thyrsoidea</i> Pohl	1	0,08	10	0,41	0,00	0,03	0,10	0,05	0,51	0,17
<i>Zeyheria montana</i> Mart.	1	0,08	10	0,41	0,00	0,03	0,11	0,05	0,52	0,17
Total	1.332	100	2.440	100	8,00	100	200	100	300	100

