



**ANA CAROLINA MELO DE ALMEIDA**

**RESPOSTAS ESTRUTURAIS E DE TROCAS GASOSAS EM FOLHAS  
DE *Gochnatia barrosii* (Cabrera). (Asteraceae) OCORRENTE EM  
DIFERENTES AMBIENTES DE CERRADO**

**LAVRAS - MG**

**2019**

**ANA CAROLINA MELO DE ALMEIDA**

**RESPOSTAS ESTRUTURAIS E DE TROCAS GASOSAS EM FOLHAS DE *Gochnatia  
barrosii* (Cabrera). (Asteraceae) OCORRENTE EM  
DIFERENTES AMBIENTES DE CERRADO**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de  
Lavras, como parte das  
exigências do Programa de  
Pós-Graduação em Botânica  
Aplicada, para a obtenção do  
título de Mestre.

Profa. Dra. Marinês Ferreira Pires Lira  
Orientadora

**LAVRAS - MG  
2019**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Almeida, Ana Carolina Melo de.

Respostas estruturais e de trocas gasosas em folhas de *Gochnatia barrosii* (cabrera). (asteraceae) ocorrente em diferentes ambientes de cerrado / Ana Carolina Melo de Almeida. - 2019.

47 p. : il.

Orientador(a): Marinês Ferreira Pires Lira.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. Anatomia foliar. 2. Tricomas. 3. Estômato. I. Pires Lira, Marinês Ferreira. II. Título.

**ANA CAROLINA MELO DE ALMEIDA**

**RESPOSTAS ESTRUTURAIS E DE TROCAS GASOSAS EM FOLHAS DE *Gochnatia barrosii* (Cabrera). (Asteraceae) OCORRENTE EM DIFERENTES AMBIENTES DE CERRADO**

**STRUCTURAL RESPONSES AND GAS EXCHANGES IN LEAVES OF *Gochnatia barrosii* (Cabrera). (Asteraceae) OCCURRENT IN DIFFERENT CERRADO ENVIRONMENTS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Botânica Aplicada, área de concentração em Botânica Aplicada, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em, 25 de Abril de 2019.

Prof. Dr. Thiago Alves Magalhães UFLA

Prof. Dr. Thiago Corrêa de Souza UNIFAL

Profa. Dra. Marinês Ferreira Pires Lira

Orientadora

**LAVRAS-MG**

**2019**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por guiar meus caminhos e possibilitar a conclusão de mais essa etapa em minha vida.

Aos meus pais João Hugo e Maria das Dores e aos meus irmãos João Eduardo, Carlos Alberto, João Hugo, José Francisco e Daniel Francisco que sempre estiveram ao lado, me apoiando e incentivando em todos os momentos de minha vida.

Ao meu noivo Evandro por estar ao meu lado, incentivando, apoiando, pela paciência durante minha trajetória acadêmica.

A todos do Laboratório de Anatomia Vegetal Universidade Federal de Lavras, ao Programa de Pós-graduação em Botânica Aplicada pela oportunidade.

A todos os Professores do curso de Botânica, que compõem o corpo docente do programa.

À Professora Dra. Marinês Ferreira Pires Lira, por me auxiliar, orientar e apoiar em todas etapas do curso de pós-graduação, por me acolher como sua orientada e não mediu esforços para me ensinar e ajudar nas diversas fases do meu trabalho.

Aos meus amigos que conquistei em Lavras, em especial Maísa, Gabriele e aos que conheci no curso de pós-graduação, Isabela, Mariana, Thaísa, Bárbara.

A todos que de alguma forma contribuíram para a conclusão deste trabalho.

**MUITO OBRIGADA!**

## RESUMO

O entendimento dos fatores que determinam a distribuição ecológica das plantas é de extrema importância para a conservação das espécies. O Alto Rio Grande possui uma vegetação com manchas de floresta, campo rupestre e cerrado, sendo esta variação fisionômica da vegetação devida à região abrigar uma das áreas de transição entre os Cerrados do Brasil Central e as florestas semidecíduais do Sudeste e Sul do país. A espécie *Gochnatia barrosii* (Asteraceae) ocorre nesses ambientes variados, com capacidade de se adaptar em diferentes fitofisionomias, indicando uma possível plasticidade fenotípica. Com isso, o objetivo do estudo foi analisar a anatomia e as trocas gasosas das folhas de *G. barrosii*, em diferentes fisionomias da vegetação no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras – MG. Foram coletadas folhas de 5 indivíduos de três áreas distintas: 1) Cerrado strictu sensu; 2) Campo Rupestre e 3) Transição Mata – Cerrado. O material coletado foi preparado e lâminas de secções transversais e paradérmicas foram, posteriormente, fotografadas com a utilização de microscópio acoplado à câmera digital. As trocas gasosas foram avaliadas em campo, utilizando o equipamento IRGA. Também foi obtida a área foliar específica (AFE). Os dados foram analisados através dos Modelos de Efeitos Mistos Lineares (MEML), onde as variáveis respostas foram as da planta e a variável explanatória os ambientes. Os modelos foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA  $p < 0,05$ ) com o método de Satterthwaite e a normalidade e homocedasticidade dos resíduos testadas através de Shapiro-Wilk e Breusch-Pagan, respectivamente. Para comparação entre as médias nos diferentes ambientes foi utilizada Função Genérica LS-means (Rune Haubo B. Christensen). Além disso, as variáveis respostas foram submetidas à análise de Correlação de Pearson ( $p < 0,05$ ) e aquelas com correlação significativa com a AFE foram submetidas a análise de regressão linear. Obteve-se também o Índice de Plasticidade de Distância Relativa (RDPI).. Não houve influência dos ambientes nas características de trocas gasosas de *G. barrosii*. Observou-se maior espessura da epiderme da face adaxial em folhas do cerrado, e da face abaxial em folhas das áreas campo rupestre e transição. A densidade estomática foi maior no campo rupestre, enquanto o diâmetro polar foi menor neste ambiente. O menor diâmetro equatorial foi observado nas folhas coletadas no cerrado. Houve maiores médias para densidade de tricomas nas folhas oriundas do campo rupestre e transição. O parênquima paliçádico e o limbo foliar apresentaram maiores espessuras nas folhas da área de transição e o parênquima esponjoso foi mais espesso nas folhas de cerrado. Por outro lado, as folhas da área de transição apresentaram as menores médias para AFE. A proporção de xilema e de floema na nervura central das folhas não foi afetada pelos diferentes ambientes de coleta. A densidade de tricomas da face abaxial das folhas apresentou o maior RDPI. As modificações estruturais nas folhas de *G. barrosii* indicam que a espécie possui plasticidade anatômica que podem ter contribuído para a manutenção das trocas gasosas entre os diferentes ambientes de Cerrado.

**Palavras-chave:** Anatomia foliar; Tricomas; Estômato; Plasticidade fenotípica.

## ABSTRACT

The knowledge of factors that determine the ecological distribution of plants is very important for the species conservation. Alto Rio Grande has vegetation with forest patches, campo rupestre and cerrado, and this physiognomic variation of vegetation is due to the region shelters one of the transition areas between the Cerrado of Central Brazil and the semideciduous forests of the Southeast and South of the country. The *Gochnatia barrosii* (Asteraceae) species occurs in these varied environments, with capacity to adapt in different phytophysiognomies, indicating a possible phenotypic plasticity. Thus, the objective of this study was to analyze the anatomy and gas exchange of leaves of *G. barrosii*, in different physiognomies of Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras - MG. The leaves of 5 individuals were collected from three different areas: 1) Cerrado; 2) Rocky field and 3) Transition Forest - Cerrado. The collected material was prepared, and made paradermic and transverse sections. After, the material was photographed using microscope for analysis. The gas exchanges were evaluated in the field, using the equipment IRGA. The specific leaf area (SLA) was also obtained. The data were analyzed through the Linear Mixed Effects Models (MEML), where the response variables were those of the plant and the explanatory variable the environments. The models were submitted to Analysis of Variance (ANOVA  $p < 0.05$ ) with the Satterthwaite method and the normality and homoscedasticity of the residues tested through Shapiro-Wilk and Breusch-Pagan, respectively. LS-means generic function (Rune Haubo B. Christensen) was used to compare the means in the different environments. In addition, the response variables were submitted to Pearson correlation analysis ( $p < 0.05$ ) and those with significant correlation with SLA were submitted to linear regression analysis. The Relative Distance Plasticity Index (RDPI) was also obtained. There was no influence of the environments on the gas exchange characteristics of *G. barrosii*. It was observed a greater thickness of the adaxial epidermis in leaves of the cerrado, and of the abaxial in leaves of the rocky field and transition. The stomatal density was higher in the rocky field, while the polar diameter was lower in this environment. The smallest equatorial diameter was observed in the cerrado leaves. There were higher averages for trichome density in leaves from the rocky field and transition. The palisade parenchyma and leaf blade presented thicker leaves in the transition area and the spongy parenchyma was thicker in the Cerrado leaves. On the other hand, the leaves of the transition area had the lowest mean values for SLA. The proportion of xylem and phloem in the main leaf vein was not affected by the different collection environments. The density of trichomes of the abaxial face presented the highest RDPI. The structural modifications in the leaves of *G. barrosii* indicate that the species has anatomical plasticity that may have contributed to the maintenance of the gas exchange between the different environments of Cerrado.

**Keywords:** Leaf anatomy; Trichomes; Stomata; Phenotypic plasticity.

## LISTA DE SIGLAS

A – Taxa Fotossintética Líquida  
AF – Áreas do Floema  
AFE – Área Foliar Específica  
AX – Área do xilema  
Chl – Teor de clorofila  
Ci – Concentração intercelular de CO<sub>2</sub>  
DBI – Departamento de Biologia  
DE – Densidade Estomática  
DT – Densidade de Tricomas  
E – Transpiração  
EAB – Face Abaxial da Epiderme,  
EAD – Face Adaxial da Epiderme,  
EIUA – Eficiência intrínseca do uso da água  
EPAB – Espessura da Epiderme da Face Abaxial  
EPAD – Espessura da Epiderme da Face Adaxial  
ES – Estômato  
EUA – Eficiência do uso da Água  
FAA – Formaldeído, Ácido Acético Glacial e Etanol 70%  
FB – Fibras  
FL – Floema  
GS – Condutância Estomática  
ImageJ – Software de Análise de Imagens  
IRGA – Analisador de Trocas Gasosas por Infravermelho  
LF – Limbo Foliar  
MEML – Modelos de Efeitos Mistos Lineares  
NT – Nervura Total  
PE – Parênquima Esponjoso  
PEQRB – Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito PP – Parênquima Paliçádico  
RDPI – Índice de Plasticidade de Distância Relativa  
SPAD – Soil Plant Analysis Development  
TG – Tricoma Glandular  
TR – Tricoma Fragmentado,  
TT – Tricoma Tector  
XL – Xilema



## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	8
2	REFERENCIAL TEÓRICO .....	10
2.1	Cerrado .....	10
2.2	Campo Rupestre .....	13
2.3	Família Asteraceae .....	14
2.4	O gênero <i>Gochnatia</i> Kunt .....	16
2.5	A espécie <i>Gochnatia barrosii</i> Cabrera .....	16
2.6	Plasticidade Fenotípica .....	16
3	MATERIAIS E MÉTODOS .....	17
3.1	Caracterização do local de coleta e da vegetação .....	18
3.2	Obtenção do material vegetal .....	19
3.3	Análise de trocas gasosas e do teor de clorofila .....	20
3.4	Área foliar, Massa seca e Área foliar específica (AFE) .....	21
3.5	Análise da anatomia foliar .....	21
3.6	Índice de Plasticidade de Distância Relativa (RDPI) .....	23
3.7	Análises estatísticas .....	24
4	RESULTADOS .....	24
4.1	Análise de trocas gasosas e teor de clorofila .....	24
4.2	Área foliar específica .....	25
4.3	Análise descritiva da anatomia foliar de <i>Gochnatia barrosii</i> .....	26
4.4	Análise quantitativa da anatomia foliar de <i>Gochnatia barrossi</i> .....	28
4.5	Análise de correlação .....	34
4.6	Índice de Plasticidade de distância relativa .....	34
5	DISCUSSÃO .....	36
6	CONCLUSÃO .....	39
	REFERÊNCIAS .....	40

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui grande biodiversidade de plantas. Porém, levantamentos florísticos realizados afirmam que quanto maior o número de espécies em uma família, maior será a utilização dos recursos da flora nativa tornando-os cada vez mais escasso. A família Asteraceae é o grupo de angiospermas com grande representatividade de espécies, destacando sua ocorrência nas fitofisionomias do Cerrado.

O desmatamento dos biomas brasileiros tem sido frequentemente ocasionado pelos avanços das atividades agropecuárias, levando ao aumento dos riscos de extinção de espécies da fauna e flora nacional. O Cerrado é considerado um dos *hotspots* globais devido a sua grande riqueza natural e elevada biodiversidade, abrangendo os Campos Rupestres que formam uma fisionomia campestre do domínio do Cerrado.

Diante das características marcantes do Cerrado, como sazonalidade no índice pluviométrico e temperatura, as estações bem definidas como verões chuvosos e invernos secos acabam por gerar variações no solo, sendo marcante durante os períodos mais secos a diminuição do índice volumétrico de água nas camadas mais superficiais. Com isso, a ocorrência de espécies vegetais nestes ambientes com condições edafoclimáticas variáveis pode ser relacionada à plasticidade dos indivíduos.

A plasticidade fenotípica pode ser considerada como a principal forma de lidar com a heterogeneidade ambiental, no entanto existem limitadores bióticos e abióticos que interferem na expressividade desta característica, resultando na impossibilidade de atingir o nível de plasticidade fenotípica real máxima. As plantas normalmente são expostas a ambientes diversificados, interagindo com diversas outras espécies e, conseqüentemente, expressando características fenotípicas diversas que se expressam em seus traços funcionais, sendo qualquer característica morfológica, fisiológica ou fenológica mensurável em nível de indivíduo. Basicamente os traços funcionais mais utilizados em ecologia vegetal são aqueles relacionados à morfologia, reprodução e traços foliares que correspondem a importantes características que explicam as respostas a condições ambientais, uma vez que as folhas correspondem ao maior aparato fotossintético da planta.

A espécie *Gochnatia barrosii* (Cabrera), planta com grande potencial medicinal, é popularmente denominada de cambará-veludo, nome esse originado pela quantidade de tricomas que contém em ambas as faces de suas folhas. Trata-se de um arbusto que pode atingir aproximadamente 2 metros de altura, com inflorescência típica da família Asteraceae, em capitulo, constituídas por varias flores geralmente pequenas. Ocorrem nos estados de

Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Mato Grosso do Sul e Paraná, ocupando áreas de cerrado *sensu stricto* e campos cerrados.

Sendo assim, o conhecimento das respostas estruturais foliares e sua relação com as trocas gasosas em espécies nativas sujeitas às variações ambientais podem favorecer a compreensão sobre a plasticidade destas espécies e sua capacidade de ocupação e distribuição em diferentes ambientes. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi analisar as características estruturais e as trocas gasosas de folhas de *Gochnatia barrosii* ocorrente em diferentes ambientes de Cerrado no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, Minas Gerias.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

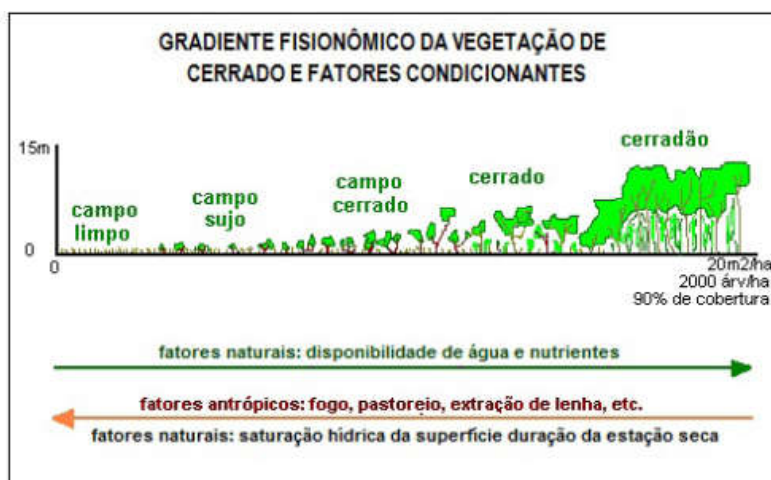
### 2.1 Cerrado

A fisionomia do Cerrado é caracterizada pela composição de estrato herbáceo graminoso, com árvores e arbustos tortuosos, com ramificações irregulares e retorcidas, casca grossa, folhas rígidas e coriáceas e raízes profundas para captar água nos lençóis freáticos. Essas características fornecem aspectos de adaptação às condições de seca, denominadas plantas xeromorfas (ASSUNÇÃO e FELFILI, 2004).

De acordo com Ribeiro e Walter (1998) os cerrados podem ser classificados de acordo com sua fisionomia, assim sendo: Cerradão, Cerrado, Campo sujo e Campo limpo. Segundo Batalha (2011), devemos adotar alguns critérios fitofisionômicos para classificarmos o cerrado *sensu lato* sendo constituído por três biomas: o campo tropical (campo limpo), a savana (campo sujo, campo cerrado e cerrado *sensu stricto*) e a floresta estacional (cerradão).

O Cerrado é composto por diferentes fisionomias ou diferentes tipos de vegetação, representa desde o campo sujo ou cerrado ralo (gramíneas com arbustos pequenos esparsos) até o cerradão (árvores formando um dossel contínuo, semelhante a uma floresta seca), conforme observado na Figura 1 (DURIGAN et al., 2011).

Figura 1. Representação esquemática do gradiente fisionômico da vegetação de Cerrado (adaptado de Durigan, 2003)



A maior parte do Cerrado está localizado no Planalto Central do Brasil, ocupando um quinto de todo o território brasileiro, ou seja, é o segundo maior domínio

fitogeográfico depois da floresta Amazônica, ocupando uma área de aproximadamente 2.039.386 km<sup>2</sup>, o que equivale a 24% do território brasileiro, conforme demonstrado na (Figura 2). Considerado como *hotspot* global devido sua biodiversidade, com uma variedade de espécies endêmicas catalogadas de, aproximadamente, doze mil tipos diferentes de espécies (CRITICAL ECOSYSTEM PARTNERSHIP FUND, 2017). Este bioma apresenta semelhanças fisiológicas e ecológicas com savanas da América tropical e de continentes como da África e Austrália (EITEN, 1972).

Figura 2. Distribuição da vegetação de Cerrado no Brasil (RATTER, 1997)



Muitas pesquisas foram realizadas em relação a florística e fitossociologia do Cerrado, e os primeiros registros de plantas foram estimadas em 774 espécies pertencentes a 261 gêneros, sendo 336 espécies consideradas endêmicas (43%). As famílias com espécies mais ocorrentes são: Leguminosae (153 spp.), Malpighiaceae (46 spp.), Myrtaceae (43 spp.), Melastomataceae (32 spp.), Rubiaceae (30 spp.) e com uma maior dominância na vegetação por Vochysiaceae (23 spp.) (RATTER, 1997).

Recentemente outras pesquisas foram desenvolvidas visando os estudos florísticos e fitosociológicos na vegetação do Cerrado em diferentes regiões do país sendo no Mato Grosso os resultados com maior riqueza florística. Realizou-se o

levantamento da composição da flora e do estrato arbustivo-arbóreo na região do cerrado matogrossense obtendo os seguintes resultados.

Foram identificadas 131 espécies arbustivo-arbóreas, distribuídas em 92 gêneros e 45 famílias. O hábito de crescimento variou no grau de ocupação do ambiente, com predominância das espécies arbustivas (55%, 72 spp.) e as arbóreas (45%, 59 spp.). As Leguminosae, com 20 táxons, apresentaram maior riqueza florística – Caesalpinaceae (9 spp.), Fabaceae (9 spp.) e Mimosaceae (2 spp.). Outras famílias comuns na área foram Myrtaceae (10 spp.), Rubiaceae (10 spp.), Annonaceae (8 spp.) e Malpighiaceae (8 spp.). As famílias com maior número de espécies abrangem 43% (56/131) dos táxons e 38% (35/92) dos gêneros encontrados na área. Apenas nove famílias foram representadas por uma espécie. Os gêneros com maior número de espécies foram *Annona* (5 spp.), *Eugenia* (4 spp.), *Alibertia*, *Byrsonima*, *Chomelia*, *Heteropteys* e *Qualea* reuniram cada uma três espécies. A família mais abundante foi a Fabaceae, representada por nove espécies de oito gêneros diferentes (BORGES e SHEPHERD, 2005).

O clima é caracterizado por invernos secos e verões chuvosos, classificando o clima como tropical chuvoso, segundo Aw de Köppen. Apresentando média anual de chuva de aproximadamente 1500 mm, geralmente entre 750 a 2000 mm, ocorrendo principalmente entre os meses de outubro a março, com temperatura média do mês mais frio maior que 18 °C (RIBEIRO e WALTER 1998).

Os tipos de solos encontrados na vegetação de Cerrado são da classe Latossolo Vermelho-Escuro, Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Roxo, estes são solos ácidos com pH entre 4,5 e 5,5, e apresentam deficiência de nutrientes como fósforo e nitrogênio, além da alta concentração de alumínio (RIBEIRO e WALTER, 1998).

O fogo é uma particularidade ocorrente nos cerrados, como também é comum nas savanas (MARQUIS e OLIVEIRA, 2002). Fogos produzidos pelo homem ou por raios existem há milhares de anos (MIRANDA et al., 2002). Atualmente muitas das causas do fogo no cerrado têm originado da agricultura, que tem transformado cerrados em campos de cultivo e pastagem (KLINK e MACHADO, 2005). Muitas espécies exibem mecanismos reprodutivos como a indução da floração, abertura de frutos logo após o término do fogo (STOKES, 2004) e até mesmo a quebra da dormência vegetativa das sementes é provocada pelo choque térmico, pois ocasionam fissuras que permitem a penetração da água e estimulam a germinação

(NASCIMENTO, 2001). As estratégias reprodutivas das plantas do Cerrado em resposta ao fogo podem levar ao aumento da produção de frutos, sementes e rebrotamento rápido (ZIRONDI, 2015).

Durante muitas décadas o Cerrado foi visto como uma terra improdutiva, sendo explorado apenas para extração de lenha, carvão e para pecuária extensiva, estas atividades causavam relativamente menos danos ao ecossistema se comparado com o modelo de exploração atual. Nos dias de hoje, as áreas ocupadas pela agricultura e pecuária de alta tecnologia apresentam o potencial de devastação muito superior, tendo registros de que o desmatamento do cerrado já supera o da Amazônia (SOUSA, 2013).

## **2.2 Campo Rupestre**

Os Campos Rupestres são caracterizados por formações herbáceo arbustivas com afloramentos rochosos ou solos rasos, ou seja, solos litólicos, que se formam da decomposição das rochas (SILVA, 2013). A vegetação é composta por um estrato herbáceo mais ou menos contínuo, intercalando com arbustos pequenos perenifólios e esclerófilos. Com estas descrições do Campo Rupestre em que a vegetação não é homogênea, e sim um mosaico de comunidades que possuem uma relação com a topografia, declividade, microclima e natureza do substrato (MOURÃO e STEHMANN, 2007).

Este tipo de vegetação é comum em altitudes acima de 900 m, em montanhas cujas rochas são de origem pré-cambriana que foram remodeladas por movimentos tectônicos a partir do Paleógeno, estando associados principalmente com afloramentos de quartzito, arenito e minério de ferro (KING 1956, JOLY 1970, GIULIETTI e PIRANI 1988, EITEN 1992, ALVES e KOLBELK 1994, GIULIETTI et al. 1997, CAIAFA e SILVA 2005, ALVES 2007, VASCONCELOS, 2011).

No Brasil, os Campos Rupestres localizam-se principalmente na região mais elevada da Cadeia do Espinhaço, no norte da Chapada Diamantina, Bahia, Serra de Ouro Branco em Minas Gerais. Podendo ser encontrado também mais ao Sul, nas Serras de São João Del Rei, Canastra e Ibitipoca em Minas Gerais, a oeste, nas Serras dos Cristais e dos Pirineus e na Chapada dos Veadeiros (Goiás), e ao norte, nos Tepuis (norte da América do Sul) (RAPINI et al., 2008).

De acordo com Rapini et al., (2008) a fitofisionomia dos Campos Rupestres é caracterizada por solos oligotróficos e ácidos e com temperaturas que variam muito

durante o dia, e nas diferentes estações do ano. Segundo Francino, (2006) vários fatores interferem neste tipo de vegetação, como elevados níveis de irradiação solar, restrição hídrica, além de ventos fortes e frequentes, neblina e queimadas periódicas. Devido a estas condições, as plantas ocorrentes de Campos Rupestres possuem estratégias adaptativas e são denominadas de xeromórficas, pois são capazes de sobreviver em solos secos e expostas a alta radiação solar (MESSIAS et al., 2012). Segundo Francino (2006) as famílias mais ocorrentes nesse tipo de bioma são: Asteraceae, Bromeliaceae, Cyperaceae, Eriocaulaceae, Iridaceae, Lamiaceae, Lythraceae, Melastomataceae, Myrtaceae, Orchidaceae, Poaceae, Rubiaceae, Velloziaceae, Verbenaceae, Vochysiaceae, Xyridaceae e Leguminosae. Neste tipo de formação a quantidade de monocotiledôneas é maior se comparada com outros grupos e a vegetação apresenta uma fisionomia uniforme. A vegetação do tipo arbustiva é comum em afloramentos como exemplo espécies de Amaryllidaceae, Bromeliaceae, Cactaceae, Compositae, Cyperaceae, Ericaceae, Euphorbiaceae, Gutiferae, Melastomataceae, Leguminosae, Malpighiaceae, Rubiaceae e Orchidaceae, além de algumas licófitas e samambaias leptosporangiadas. (RAPINI et al., 2008).

Atualmente muitas espécies existentes nos Campos Rupestres encontram-se ameaçadas de extinção, sendo os principais causadores desse desastre a ação antrópica e a reduzida área de ocupação do bioma (MENEZES e GIULIETTI,2000). Há estimativas de que existam no mínimo 3.000 espécies que compõem a vegetação dos Campos Rupestres, sendo apenas 30% de espécies endêmicas. Portanto esta formação é considerada muito frágil, podendo perder facilmente as características da vegetação, impossibilitando sua recuperação (MANN, 2013).

### **2.3 Família Asteraceae**

Asteraceae Bercht. e J. Presl pertence à ordem Asterales, sendo considerada a maior família de angiospermas em número de espécies catalogadas, com cerca de



1600-1700 gêneros e cerca de 24.000 espécies. No Brasil, são registrados 288 gêneros e 2.087 espécies. Esta família corresponde a aproximadamente a 10% das eudicotiledôneas da flora mundial (NAKAJIMA, 2000; FUNK et al., 2009; REIS, 2015).

Considerada uma família cosmopolita que ocupa diversos habitats, ocorrentes em regiões dos trópicos e subtropicais, sendo melhor representada por fisionomias campestres e menos ocorrentes em ambientes florestais de baixa altitude, assim como em florestas tropicais úmidas, ou seja, uma família que ocupa grande parte do mundo com exceção a Antártida (FUNK et al., 2009).

A família Asteraceae é considerada um grupo monofilético, com várias características, entre elas destaca-se a inflorescência em capítulo com flores séssis inseridas no receptáculo floral, com brácteas formando o involúcro, ovário bicarpelar e ínfero, com um óvulo basal, estilete bifido, anteras sinânteras e o cálice altamente modificado em papilhos que está envolvido no sucesso evolutivo e dispersão de suas espécies (SOARES, 2012; ROQUE e BAUTISTA, 2008).

Conforme Cronquist (1988) sugeriu, o sucesso evolutivo da família Asteraceae pode ser devido ao sistema químico de defesa que são os compostos secundários derivados, do tipo poliacetilenos e lactonas sesquiterpênicas. Esta família tem grande importância econômica principalmente na utilização para produção de medicamentos, produtos alimentícios, cosméticos ou, ainda, como plantas ornamentais.

Embora algumas espécies que compõe a família Asteraceae sejam consideradas plantas daninhas, ou seja, que nascem espontaneamente em um local determinado, um termo mais adequado seria plantas espontâneas, visto que nenhuma espécie de planta pode ser considerada daninha, pois cada uma possui sua respectiva importância ambiental, por exemplo no controle da erosão, na reciclagem de nutrientes, entre outros (GAMA, 2009).

A família Asteraceae é comumente encontrada em regiões com relevo acidentado, formações campestres e menos frequentes em ambientes florestais, sendo o hábito arbóreo que melhor representa a família. São arbustos e subarbustos, diferentemente de árvores e lianas que possui menos recorrência. As plantas da família em questão podem ser caracterizadas como: glabras, glabrescentes ou com indumento de tricomas tectores e/ou glandulares. Caule geralmente cilíndrico, raramente alado. Folhas em roseta, alternas, opostas, alterno-opostas, ou menos comumente

verticiladas, simples, frequentemente lobadas ou pinatissectas, raro compostas, estípulas ausentes. Várias estruturas secretoras, como ductos, cavidades e tricomas glandulares podem ocorrer nas folhas de Asteraceae (ROQUE e BAUTISTA, 2008).

#### **2.4 O gênero *Gochnatia* Kunt**

O gênero *Gochnatia* Kunth pertence à família Asteraceae, sendo, aproximadamente, setenta espécies encontradas nas Américas, entre o México e Argentina, assim como na Ásia, sendo o tipo mais comum de hábito arbóreo as árvores e arbustos. No Brasil existem aproximadamente 22 espécies distribuídas entre Rio Grande do Sul, Paraná, São Paulo, Goiás, Minas Gerais, Bahia e Ceará.

Em estudos realizados com o gênero *Gochnatia* foram encontrados compostos químicos do tipo sesquiterpenos lactonas, diterpenos, triterpenos, flavonoides, cumarinas e óleos essenciais (CATALAN et al., 1996; SILVA et al., 2011).

#### **2.5 A espécie *Gochnatia barrosii* Cabrera**

Espécie conhecida popularmente como Cambará-veludo, é um arbusto que pode medir aproximadamente 2 m de altura, encontrada em ambientes mais abertos com distribuição esparsa como no cerrado *sensu stricto* (RIBEIRO, 2014).

A espécie *G. barrosii* Cabrera apresenta folhas bifaciais, com parênquima paliçádico unisseriado ou bisseriado e parênquima esponjoso desenvolvido. A epiderme na superfície adaxial é mais espessa que a epiderme na face abaxial das folhas. Além disso, *G. barrosii* possui folhas anfi-hipoestomática com estômatos encontrados em ambas as faces com maior predominância na face abaxial. Os estômatos podem ser classificados de acordo com a disposição das células em anomocítico, onde não apresenta células subsidiárias, mas um número variado de células epidérmicas circundando irregularmente o estômato. A presença de tricomas tectores possui mais proximidade filogenética do que um mecanismo adaptativo que impede o aquecimento das folhas, enquanto os tricomas glandulares permitem a defesa adaptativa contra ataque herbívoro. Os dois tipos de tricomas descritos para ambas as faces da folha da espécie *Gochnatia barrosii*, porém em maior quantidade na face abaxial favorecendo o equilíbrio hídrico na planta (Rossato e Kolb, 2012).

#### **2.6 Plasticidade Fenotípica**

A plasticidade fenotípica é a capacidade de um organismo alterar sua fisiologia ou morfologia devido as interações com fatores ambientais, como luz, água e temperatura (STEARNS 1989, SCHEINER 1993). Espécies de plantas com grande potencial de plasticidade apresentam caracteres ligados a fatores de sobrevivência, expressando muitas vantagens adaptativas em ambientes temporários, heterogêneos e mutáveis. As alterações geradas podem facilitar a exploração de novos nichos, resultando em um aumento na tolerância ambiental (VIA, 1993).

As plantas são constituídas por órgãos divididos em vegetativo (raiz, caule e folha) e reprodutivo (flor, semente e fruto) que desempenham funções específicas quando está em equilíbrio com o ambiente, funcionando normalmente. Porém, alterações ambientais podem resultar em estresse para a planta alterando estruturas anatômicas e morfológicas, induzindo adaptações em seu metabolismo para sobreviver as variações ambientais (PIGLIUCCI et al., 2006) podendo ser considerada como plasticidade.

Ajustes em ambientes heterogêneos podem ocorrer de maneiras variadas, mas com frequência desconhecida. A máxima capacidade adaptativa de um indivíduo pode ser obtida através da seleção natural dentro de um ambiente local. Considerando ambientes distintos poderá ocorrer duas respostas evolutivas, sendo a primeira quando a população diferenciar-se geneticamente tornando-se localmente adaptada ou os indivíduos serão fenotipicamente plásticos, expressando o fenótipo ideal em ambos os ambientes sem necessariamente sofrer uma diferenciação (PALACIO-LÓPEZ, et al, 2015). Portanto a plasticidade permite que as plantas respondam de maneira satisfatória aos diferentes ambientes, comprovando seu mecanismo adaptativo. No entanto, devido a diversos fatores bióticos e abióticos a plasticidade pode expressar características desfavoráveis, resultando em uma aparente plasticidade desadaptativa.

A plasticidade não adaptativa acontecerá quando um novo ambiente induzir fenótipo distante do fenótipo ideal (GHALAMBOR et al. 2007). Entretanto existem algumas limitações quando o ambiente é heterogêneo, sendo que a plasticidade fenotípica será favorecida na existência do fluxo gênico extenso e as adaptações ocorrerão diante de um fluxo gênico limitado (PALACIO-LÓPEZ, et al, 2015).

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

As análises deste trabalho foram realizadas na Universidade Federal de Lavras e a metodologia será apresentada a seguir.

### **3.1 Caracterização do local de coleta e da vegetação**

O Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito (PEQRB), situa-se ao sul do município de Lavras, Minas Gerais, que abrange a região do Alto do Rio Grande, e é mantido pela Fundação Abraham Kasinski (FAK) à qual foi doado pela municipalidade em 22/julho/1994. A área do Parque é de 235 hectares com uma grande diversidade de fauna, flora e fitofisionomia natural preservada. Esta reserva particular é aberta para visitação abriga uma das maiores áreas verdes que confronta com o município de Ingaí, com uma variedade de espécies importantes para pesquisas (OLIVEIRA-FILHO e FLUMINHAM-FILHO, 1999).

O alto do Rio Grande localizado no sul de Minas Gerais no campo das vertentes é composto por uma vegetação formada por um mosaico de manchas de floresta, campo rupestre e cerrado (Eiten 1982). Estas variações fisionômicas ocorrem devido a dois motivos. O primeiro devido à região abrigar uma das áreas de transição entre os cerrados do Brasil central e as florestas semidecíduas do Sudeste e Sul do país. O segundo motivo, a transição se observa na serra da Mantiqueira, cujo relevo acidentado promove uma grande diversidade ambiental com fisionomias vegetais característico das altitudes elevadas promovendo uma diversidade de espécies vegetais, conforme apresentado na Figura 3 (OLIVEIRA-FILHO e FLUMINHAM-FILHO, 1999).

A vegetação que constitui esta região de formações florestais é composto por fragmentos de Floresta Atlântica e de Cerradões próximo a um regime hídrico favorecendo que estas áreas tenham boa disponibilidade de água no solo. As formações do Cerrado *stricto sensu* são compostas por uma vegetação com arvoretas esparsas e formações campestres. Campos Rupestres apresenta um estrato herbáceo e arbustivo sobrevivendo a condições extremas como radiação solar incidente, com solos rasos com baixa fertilidade e pouca retenção hídrica (REIS et al., 2015).

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região do PEQRB enquadra-se no tipo Cwb, com clima temperado mesotérmico, verões brandos e suaves e estiagens no inverno. A média anual da temperatura é de 19,3°C, sendo que a do mês mais frio

(junho) varia entre 13 e 16°C e o mês mais quente (janeiro), varia entre 21 e 23°C (DALANESI et al., 2004).

Figura 3 – Mapa do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito (PEQRB), município de Lavras, MG, mostrando sua situação geográfica, a distribuição da floresta semidecídua, candeal e formações abertas (campo de altitude, campo rupestre e cerrado) no interior do Parque e a localização das três transecções amostrais (A, B e C).



Fonte: Dalanesi et al., 2004

### 3.2 Obtenção do material vegetal

As folhas de *Gochnatia barrosii* foram devidamente identificadas segundo o sistema de classificação de angiospermas APG IV (2016). As coletas foram realizadas em plantas jovens no mês de outubro, final do período seco do ano de 2018, sendo as amostras pertencentes ao terceiro e quarto nó da planta. O material botânico foi coletado de cinco indivíduos em três áreas de ocorrência: (Área 1) Campo rupestre, (área 2) Transição de Mata - Cerrado e (área 3) Cerrado (Figuras 4 e 5). Para as análises de trocas gasosas, realizadas em campo, e para as coletas selecionaram-se folhas completamente expandidas e sadias de 5 indivíduos por área.

Figura 4 – Mapa do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito (PEQRB), município de Lavras, MG, mostrando as três áreas de coleta do material botânico. Área 1: Campo

Rupestre (21°19'47" S e 44°58'32" W); Área 2: Transição Mata – Cerrado (21°19'45" S e 44°58'20" W); Área 3: Cerrado. (21°19'44" e 44°58'22" W).



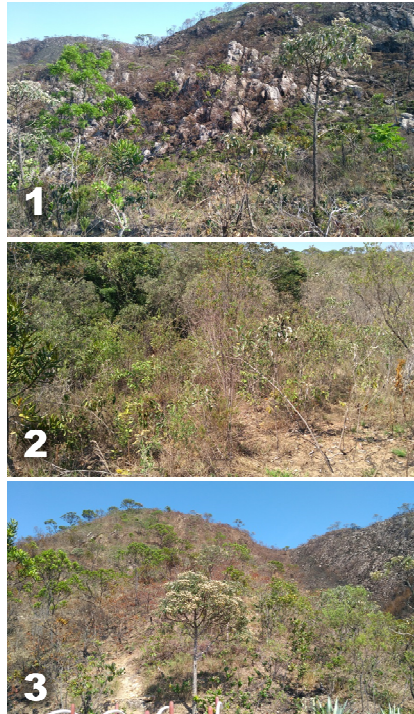
Fonte: Google Maps (2019).

### 3.3 Análise de trocas gasosas e do teor de clorofila

A avaliação foi realizada através da utilização do analisador de trocas gasosas por infravermelho (IRGA) modelo LI-6400XT, com câmara programada para uma densidade de fluxo de fótons de  $1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  no período da manhã em 3 folhas por indivíduo. Dentre as variáveis analisadas estão: Condutância estomática (gs); Taxa transpiratória (E); Taxa fotossintética (A) e Concentração intercelular de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ). Com os dados obtidos calculou-se a eficiência do uso da água (EUA) pela relação A e E.

O teor de clorofila foi avaliado de modo indireto, utilizando o medidor portátil de clorofila (clorofilômetro) SPAD (soil plant analysis development). Os dados foram convertidos em  $\text{mg dm}^{-2}$ , de acordo com (Zhu et al., 2012).

Figura 5 – Fisionomia vegetal das três áreas de coleta no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito (PEQRB) Lavras, MG, mostrando as três áreas de coleta do material botânico. 1: Campo Rupestre ;2:Área de Transição Mata; C: Área de Cerrado.



Fonte: Imagem de Silva, (2018)

### **3.4 Área foliar, Massa seca e Área foliar específica (AFE)**

Três folhas por indivíduo foram coletadas e levadas ao laboratório, onde foram escaneadas e com o auxílio do software ImageJ obteve-se a medida da área foliar considerando seu contorno.

Posteriormente, as amostras foram secas em estufa com circulação forçada a 60 °C e pesadas individualmente em uma balança analítica para obtenção da massa seca. A área foliar específica (AFE) foi obtida pela relação entre a área foliar (cm<sup>2</sup>) e a massa seca da folha (g) (HUNT et al., 2002).

### **3.5 Análise da anatomia foliar**

Selecionaram-se folhas expandidas e sadias localizadas no terceiro e quarto nó da planta (folhas jovens), sendo duas folhas por indivíduo totalizando cinco indivíduos

por área. As folhas coletadas foram fixadas em FAA 70% (formaldeído, ácido acético glacial e etanol 70%) e após 72 horas substituiu-se por álcool na concentração de 70%, preservando o material coletado evitando assim a degradação (JOHANSEN, 1940).

Para confecção de lâminas na secção peridérmica realizou-se a raspagem da porção mediana da folha, utilizando lâmina de aço e fita adesiva, eliminando assim o máximo possível de tricomas, que permitiu a visualização nítida dos estômatos e das bases dos tricomas removidos. Posteriormente selecionaram-se os fragmentos da porção mediana foliar para o processo de dissociação, que consistiu na degradação do mesofilo através da mistura de dois reagentes (ácido acético e peróxido de hidrogênio na concentração de 1:1) (FLANKLIN, 1945, modificado). O material inserido na solução descrita permaneceu na estufa por 24 horas para acelerar o procedimento de dissociação. Após este período, realizou-se a lavagem com água destilada para interromper a reação de dissociação e separando as faces abaxial e adaxial da folha, permitindo assim a confecção da lâmina submetidas ao processo de dupla coloração, com azul de astra e safranina na proporção de 9:1 e glicerina 50% para montagem das lâminas (modificado de BUKATSCH 1972 apud KRAUS e ARDUIN 1997).

Para as secções transversais, fragmentos de 2cm<sup>2</sup> foram obtidos das regiões mediana das folhas, contendo a nervura central. Para as análises, o material foi submetido à desidratação, seguindo a série etílica crescente nas concentrações (70, 80, 90 e 100%), a temperatura ambiente de acordo com Johansen (1940), com modificações. Posteriormente o material foi inserido na solução de pré-infiltração, composta por etanol 100% e resina base (1:1), seguindo as instruções do fabricante (Kit Historesina Leica) por 24 horas. Após este procedimento seguiu-se para o processo de infiltração em resina base (pura) por mais 24 horas à 4°C. Para a polimerização foi utilizado o kit Historesina (hidroxietilmetacrilato, Leica, Heidelberg). As Secções transversais foram realizadas em micrótomo rotativo semiautomático, em espessura de 7 µm, sendo em seguida coradas com Azul de Toluidina 1%, Ph 6,7 (FEDER, O'BRIEN; 1968).

As secções paradérmicas e transversais foram fotografadas em microscópio óptico Nikon E100LED com câmera digital acoplada (Infinity1) e as análises foram realizadas utilizando o software imageJ, permitindo a medição dos tecidos foliares. Nas secções paradérmicas analisou-se a densidade estomática (DE - número de estômatos/mm<sup>2</sup>), o diâmetro polar e equatorial dos estômatos e a densidade de tricomas



(DT – número de tricomas/mm<sup>2</sup>). Nas secções transversais foram analisados no limbo foliar as espessuras do parênquima esponjoso (PE), do parênquima paliçádico (PP), espessura da epiderme da face adaxial (EPAD) e abaxial (EPAB) e espessura total do limbo foliar (LF); na nervura central foram analisadas as áreas do floema (AF), do xilema (AX) e da nervura total (NT) para o cálculo da proporção de xilema e floema da raiz.

As secções foram fotografadas em microscópio óptico Zeiss com câmara digital acoplada e as análises foram feitas por meio do software ImageJ, permitindo a medição dos tecidos foliares.

### 3.6 Índice de Plasticidade de Distância Relativa (RDPI)

As variáveis espessuras da epiderme abaxial e adaxial, espessura do limbo foliar, espessura do parênquima paliçádico e esponjoso, densidade estomática, diâmetro polar e equatorial e número de tricomas abaxial e adaxial foram utilizadas para calcular o Índice de plasticidade de distância relativa (RDPI). Para isso a distância absoluta entre as variáveis de dois indivíduos selecionados aleatoriamente ( $X$  e  $X'$ ) da mesma espécie pertencentes a diferentes ambientes ( $E$  e  $E'$ , onde  $E$  sempre é diferente de  $E'$ , como indivíduos crescendo em ambientes diferentes). Esta abordagem é estendida para todos os ambientes e espécies avaliados, comparando as distâncias pareadas. Desta forma, a distância entre pares de indivíduos crescidos em diferentes ambientes é calculada como o valor absoluto da diferença absoluta  $XE - X'E'$  e a distância relativa é obtida pela diferença absoluta dividida pela soma ( $XE + X'E'$ ). Assim, as distâncias relativas são obtidas como  $XE - X'E' / (XE + X'E')$  para todos os pares de indivíduos de uma dada espécie crescendo em diferentes ambientes. Quando se calcula essas distâncias para todas as variáveis em consideração, a distribuição estatística resultante distâncias relativas para cada variável podem ser sujeitas a teste de hipóteses para testar as diferenças entre as distâncias fenotípicas em função do ambiente. O RDPI variando de 0 (sem plasticidade) a 1 (plasticidade máxima) pode ser obtido para cada variável como:

$RDPI = \sum ( XE - X'E' / (XE + X'E') ) / n$ , onde  $n$  é o número total de distâncias (Valladares et al. 2006)

### **3.7 Análises estatísticas**

Os dados das variáveis foram analisados através dos Modelos de Efeitos Mistos Lineares (MEML), onde as variáveis respostas foram as da planta e a variável explanatória os ambientes. Os modelos foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA  $p < 0,05$ ) com o método de Satterthwaite e a normalidade e homocedasticidade dos resíduos testadas através de Shapiro-Wilk e Breusch-Pagan, respectivamente. Para comparação entre as médias nos diferentes ambientes foi utilizada Função genérica LS-means (Rune Haubo B. Christensen). Além disso, as variáveis respostas foram submetidas a análise de correlação de Pearson ( $p < 0,05$ ) e aquelas com correlação significativa com a área foliar específica (SLA) foram submetidas a análise de regressão linear. Estes modelos passaram pela Análise de Variância (ANOVA  $p < 0,05$ ) e os resíduos testado quanto à normalidade (Shapiro-Wilk) e Homocedasticidade (Breusch-Pagan). As diferenças de RDPI entre as variáveis resposta foi analisada através do Mann-Whitney Rank Sum Test. Todas as análises foram realizadas no R Core Team (2019).

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 Análise de trocas gasosas e teor de clorofila**

Não foram observadas diferenças significativas nas características de trocas gasosas e teor de clorofila das folhas quando comparado os indivíduos das três áreas analisadas, assim como mostrado na Tabela 1. Basicamente as características observadas nas regiões apresentaram pequenas variações não detectadas pelas análises estatísticas, fato que evidenciou o mesmo comportamento dos indivíduos pertencentes às diferentes áreas.

Tabela 1. Trocas gasosas de folhas de *Gochnatia barrosii*. A= Taxa fotossintética líquida ( $\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ); gs = Condutância estomática ( $\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ); E = Transpiração ( $\text{mmol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ); Ci = Concentração de carbono intercelular (ppm); EUA = Eficiência do uso da água; Chl= Teor de clorofila ( $\text{mg.dm}^{-2}$ ).

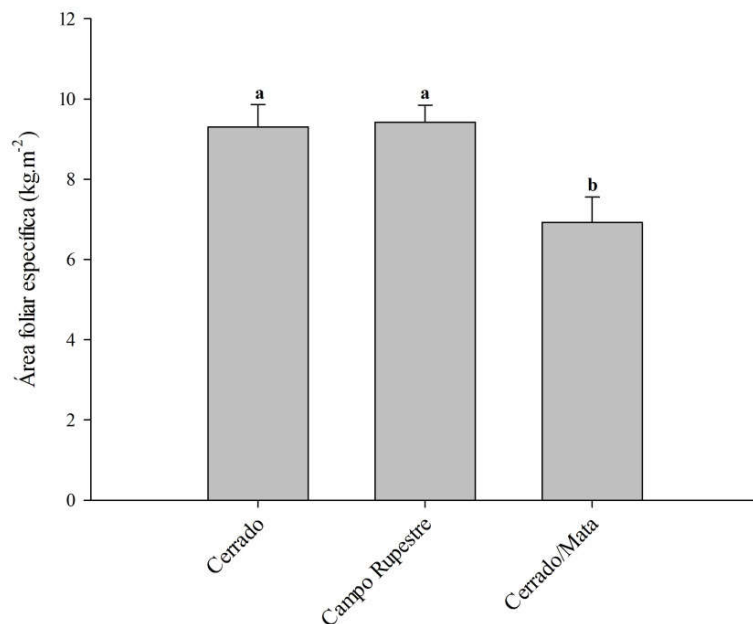
Variáveis	Áreas		
	Cerrado	Campo Rupestre	Transição Cerrado - Mata
<b>A</b>	6,04 ± 0,33 <b>a</b>	4,62 ± 1,08 <b>a</b>	5,89 ± 0,12 <b>a</b>
<b>gs</b>	0,23 ± 0,02 <b>a</b>	0,20 ± 0,04 <b>a</b>	0,37 ± 0,06 <b>a</b>
<b>E</b>	6,38 ± 0,29 <b>a</b>	7,12 ± 0,97 <b>a</b>	7,43 ± 0,48 <b>a</b>
<b>Ci</b>	189,16 ± 1,94 <b>a</b>	168,13 ± 13,19 <b>a</b>	193,95 ± 3,97 <b>a</b>
<b>EUA</b>	0,95 ± 0,05 <b>a</b>	0,66 ± 0,12 <b>a</b>	0,81 ± 0,05 <b>a</b>
<b>Chl</b>	0,06 ± 0,0003 <b>a</b>	0,06 ± 0,001 <b>a</b>	0,05 ± 0,001 <b>a</b>

Nota: Dados indicam médias ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas entre as áreas.

#### 4.2 Área foliar específica

Os resultados obtidos mostraram que as folhas das regiões de Cerrado e Campo Rupestre apresentaram médias iguais, diferentemente da transição Cerrado/Mata, onde foi possível observar folhas com AFE aproximadamente 20% menor se comparado com os indivíduos das outras regiões, como demonstrado na (Figura 6).

Figura 6 - Área foliar específica em folhas de *Gochnatia barrosii* nas diferentes áreas. As barras indicam o erro padrão. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as áreas.



#### 4.3 Análise descritiva da anatomia foliar de *Gochnatia barrosii*

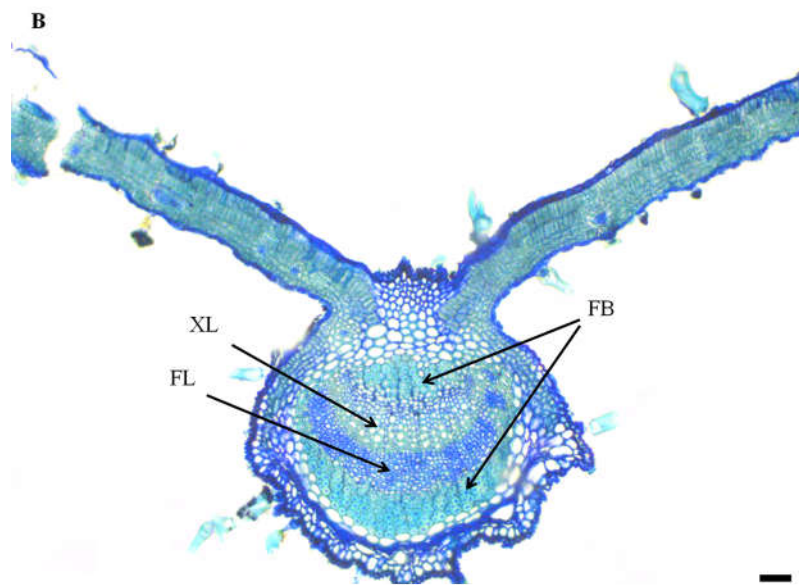
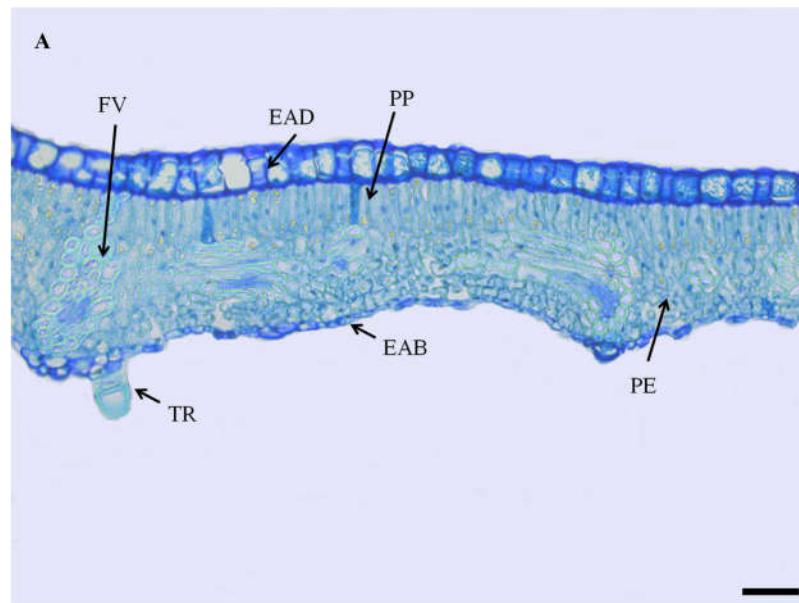
As folhas apresentaram epiderme unisseriada (Figura 7 A), com células de formato tabular em vista transversal, sendo observadas camadas de células subepidérmicas em alguns pontos na face adaxial, principalmente próximas a nervura central. A epiderme é revestida externamente em ambas as faces por cutícula delgada. As folhas são dorsiventrais, demonstrando que, apesar de serem encontradas em fitofisionomias do cerrado, as folhas da espécie possuem poucos aspectos escleromórficos, e grande quantidade de tricomas tectores (Figura 7 A).

O mesofilo é composto por uma a duas camadas de parênquima paliçádico (PP) e duas a três camadas de parênquima esponjoso (PE.), que são compactamente organizados (Figura 7 A).

A nervura central mostrada na Figura 7B contém fibras voltadas para as faces abaxial e adaxial, próximas ao floema e xilema, que formam um feixe colateral.

Também é possível verificar a presença de colênquima próximo à epiderme na face adaxial.

Figura 7. Detalhe do limbo foliar (A) e da nervura central (B) de *Gochnatia barrosii* em secção transversal. EAD= face adaxial da epiderme, EAB= face abaxial da epiderme, PP= parênquima paliçádico, PE= parênquima esponjoso, TR= tricoma fragmentado, FB= fibras, FL= floema, XL= xilema. Barras= 50  $\mu$ m.



As distribuições de estômatos nas folhas de *Gochnatia barrosii* ocorrem principalmente na face abaxial (Figura 8 B e C) e em menor quantidade na face adaxial (Figura 8 D e E) como demonstrado nas em um nível acima das células epidérmicas.

Os tricomas encontrados são dos tipos glandulares e tectores de parede espessa, em ambas as superfícies das folhas. Embora a presença de tricomas estrelados seja mencionada nas literaturas sobre a espécie em estudo, estas estruturas não foram encontradas nas amostras analisadas, mas verificou-se a presença de uma camada espessa e densa de tricomas tectores em formato de T e glandulares na face abaxial e adaxial (Figura 8 A - C).

#### **4.4 Análise quantitativa da anatomia foliar de *Gochnatia barrosii***

A proporção de xilema ( $p = 0,1561$ , média = 0,03) e de floema ( $p = 0,7565$ , média = 0,02) na nervura central das folhas foi a única variável estrutural não afetada pelos diferentes ambientes.

Conforme mostrado nas figuras 9 e 10, observaram-se resultados semelhantes para densidade de tricomas entre as duas superfícies foliares, onde houve maiores médias nas folhas oriundas do Campo Rupestre e Transição, que não diferiram estatisticamente. Na superfície abaxial das folhas do Cerrado a densidade de tricomas é aproximadamente 53% menor se comparado com as demais regiões estudadas. Na Figura 10 em secção transversal também foi possível observar os tricomas e as demais células epidérmicas.

Figura 8 - Detalhes de tricomas e estômatos da folha de *Gochnatia barrosii*. Secção transversal (A) e secções paradérmicas da face abaxial (B e C) e adaxial (C e D) da epiderme foliar. EAD= face adaxial da epiderme, EAB= face abaxial da epiderme, PP= parênquima paliçádico, PE= parênquima esponjoso, TG= tricoma glandular, TT= tricoma tector, ES= estômato. Barras= 50 µm.

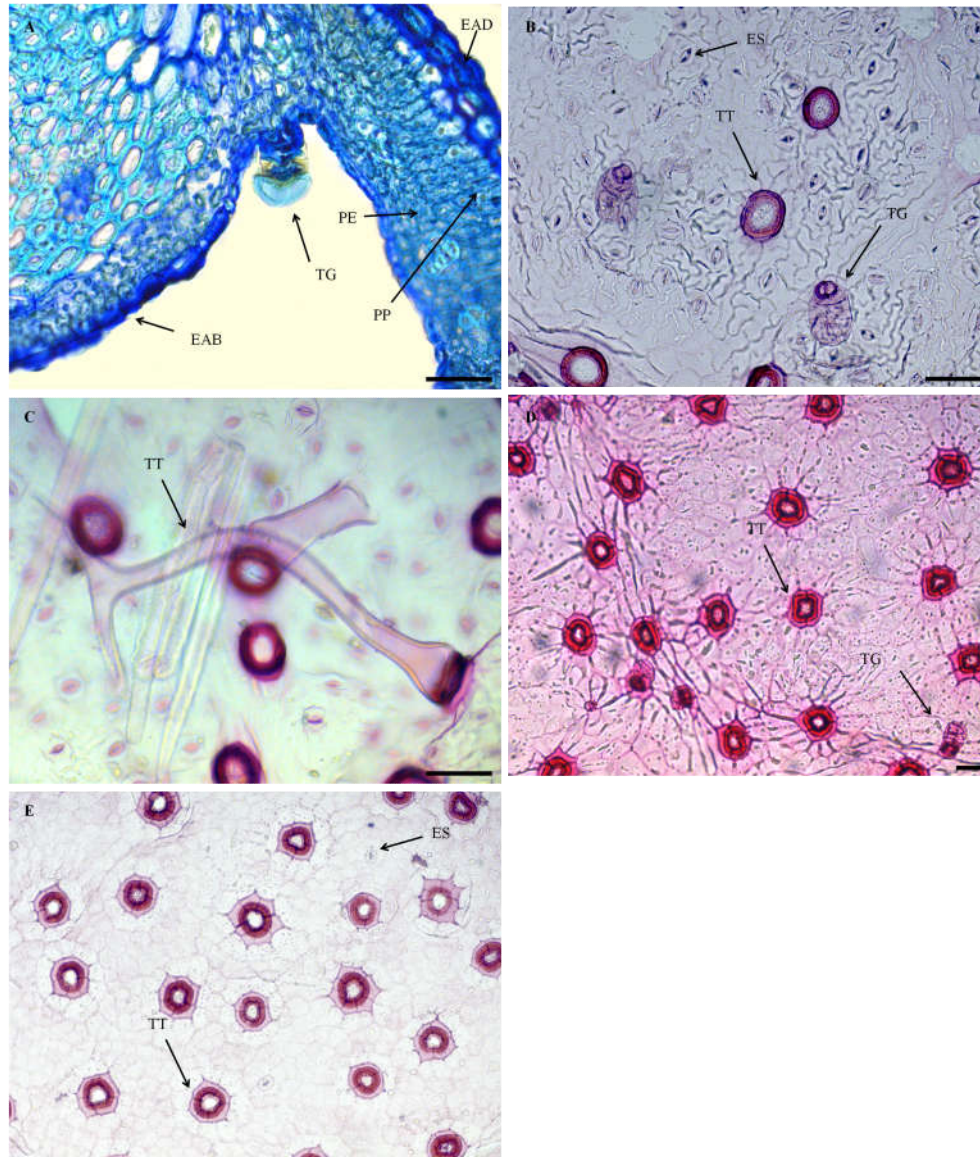


Figura 9 - Densidade de tricomas em folhas de *Gochnatia barrosii* nas diferentes áreas. As barras indicam o erro padrão. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as áreas.

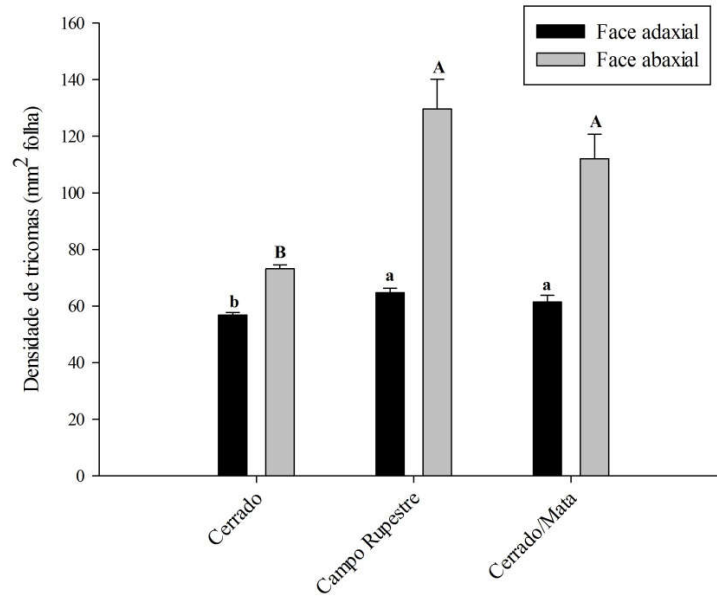


Figura 10 - Superfície foliar adaxial evidenciando bases dos tricomas de *Gochnatia barrosii* em diferentes ambientes de Cerrado. TR= tricoma (base), CE= células epidérmicas comuns. Barras= 50µm.

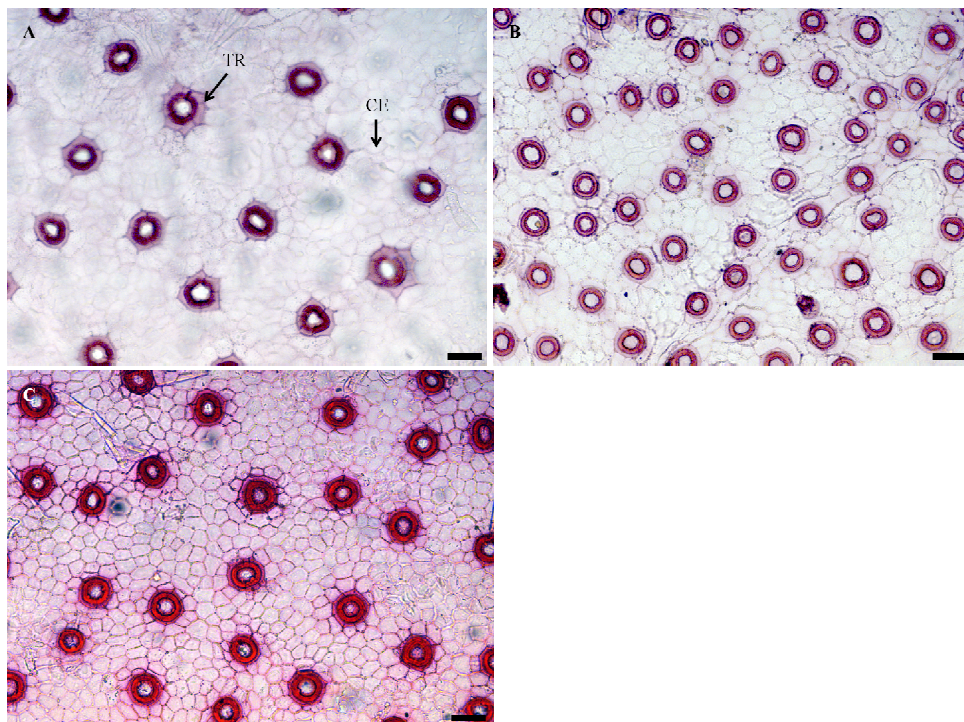
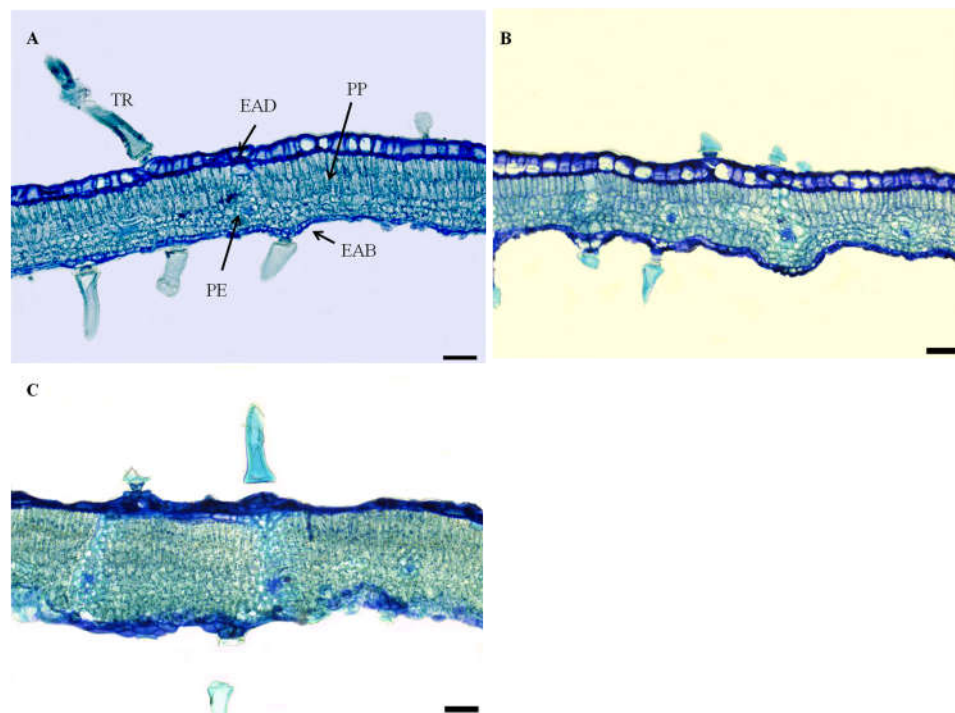




Figura 11 - Secções do limbo foliar de *Gochnatia barrosii* em diferentes ambientes de Cerrado. TR= tricoma, EAD= epiderme da face adaxial, PP= parênquima paliçádico, PE= parênquima esponjoso, EAB= epiderme da face abaxial. Barras= 50 $\mu$ m.

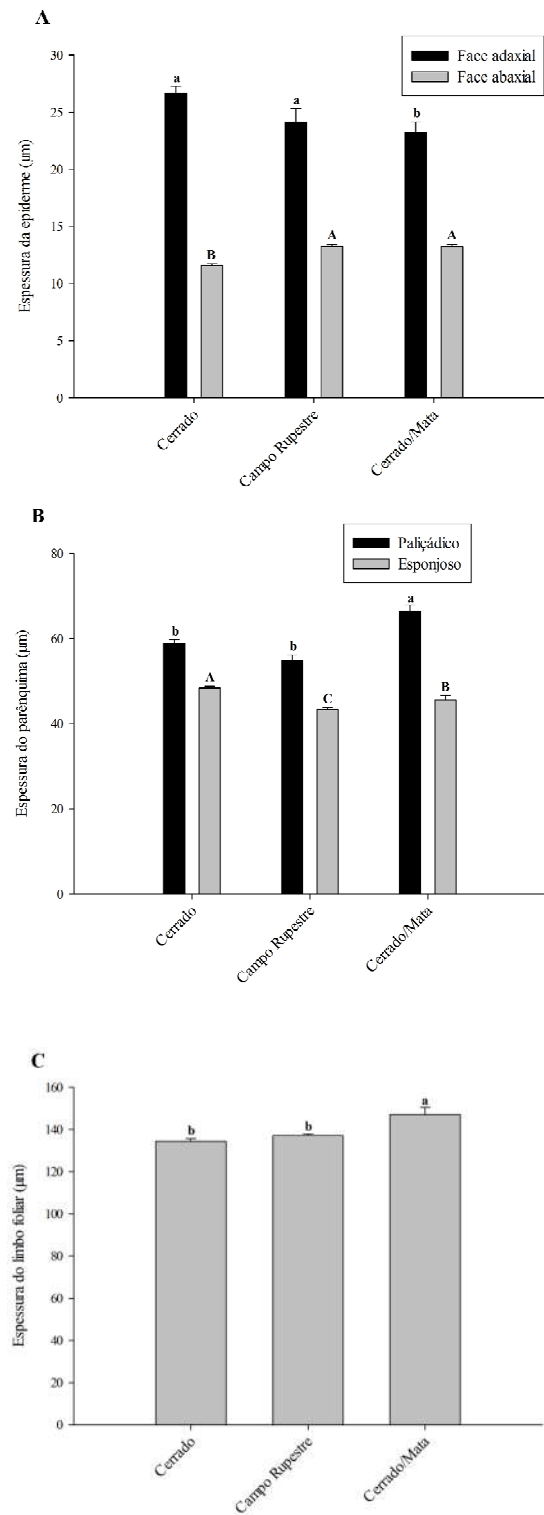


Nas (Figuras 11 A, B e C) pode-se verificar que na região do Cerrado a epiderme na face adaxial das folhas apresentou uma maior espessura se comparado com as demais regiões. A diferença também foi verificada na superfície abaxial, porém uma menor espessura nestas mesmas folhas em relação às demais áreas foi identificada. Outro fator significativo observado foi a espessura da superfície adaxial, cerca de três vezes maior se comparada com a face abaxial das folhas (Figura 12 A).

Apesar da distribuição semelhante dos parênquimas nas folhas das três áreas estudadas, a espessura do parênquima paliçádico foi maior se comparado com o parênquima esponjoso (Figuras 11 e 12B).

Entre os diferentes ambientes, as folhas da transição Cerrado/Mata apresentaram as menores espessuras do parênquima paliçádico, enquanto o parênquima esponjoso exibiu menor espessura nas folhas do Cerrado (Figuras 11 e 12B). A região de transição Cerrado/Mata apresentou maior espessura do limbo foliar, sendo que as regiões de Cerrado e Campo Rupestre apresentaram valores similares (Figuras 11 e 12C).

Figura 12 - Gráficos das variações anatómicas da folha de *Gochnatia barrosii*, coletadas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG. Cerrado; Campo Rupestre; Transição Cerrado - Mata. Barras: erro padrão.



Conforme apresentado, a maior densidade estomática observada foi nos indivíduos ocorrentes do Campo Rupestre seguido pelo Cerrado e Transição (Figuras 13 e 14).

Os resultados relacionados ao diâmetro polar e diâmetro equatorial dos estômatos (Figuras 13B e 14) mostraram que os indivíduos oriundos do Campo Rupestre apresentaram o menor diâmetro polar. Assim, as folhas da área que apresentaram a maior densidade estomática também apresentaram o menor diâmetro polar conforme mostrado na (Figura 13). Diferentemente, as folhas do Cerrado apresentaram o menor diâmetro equatorial e as demais áreas não houve diferenças significativas.

Figura 13 - Densidade (A) e diâmetros polar e equatorial dos estômatos (B) e densidade de tricomas (C) de *Gochnatia barrosii* nas diferentes áreas. As barras indicam o erro padrão. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as áreas. Letras minúsculas comparam o diâmetro polar e os tricomas da face adaxial e letras maiúsculas comparam o diâmetro equatorial dos estômatos e os tricomas da face abaxial.

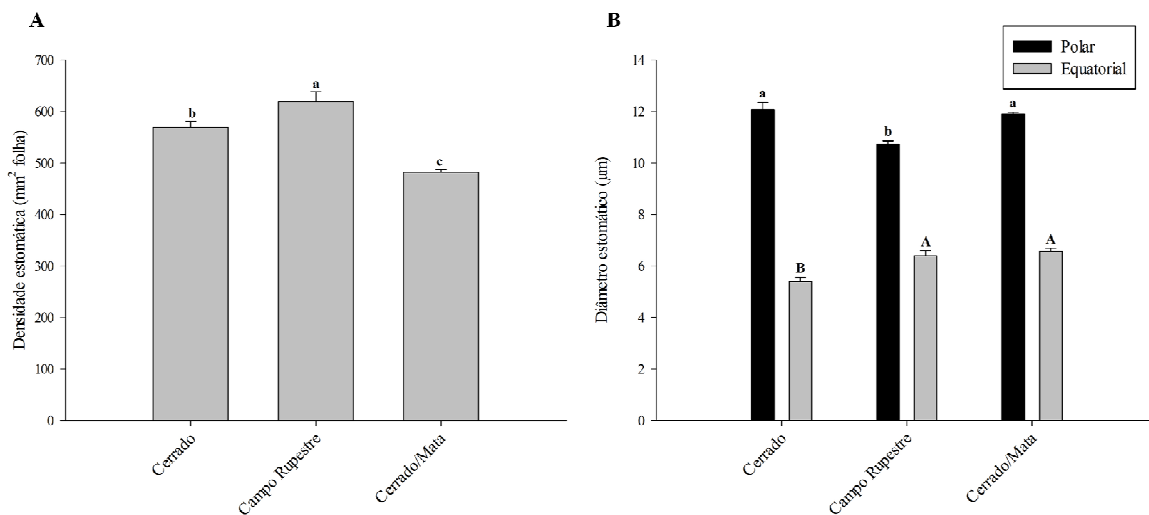
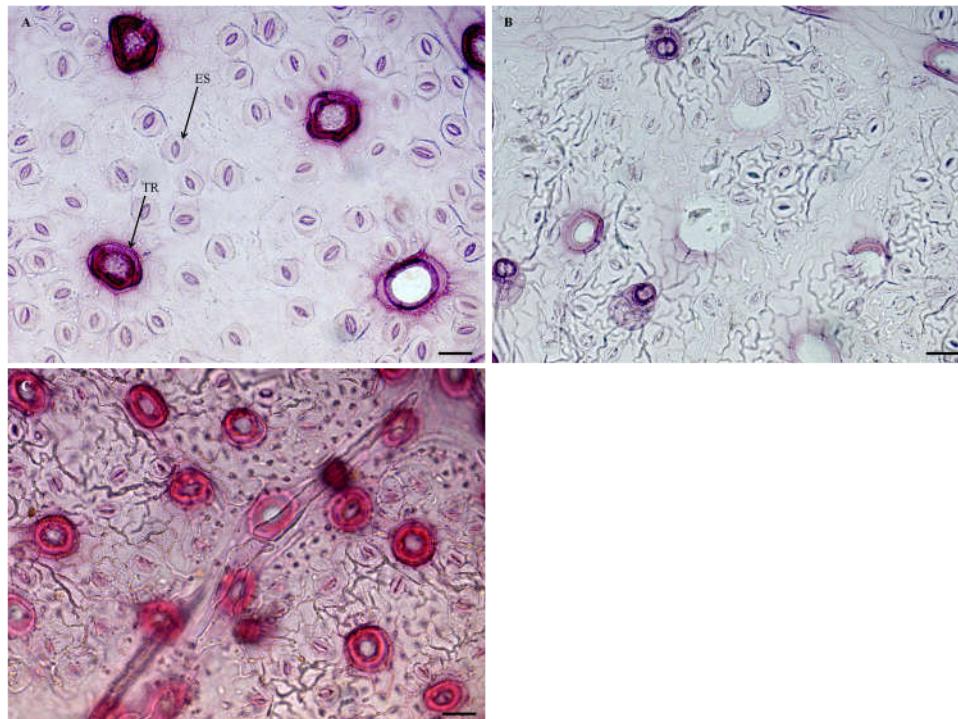


Figura 14 - Superfície foliar abaxial evidenciando os estômatos de *Gochnatia barrosii* em diferentes ambientes de Cerrado. ES= estômato, TR= tricoma (base). Barras= 50 $\mu$ m.



#### 4.5 Análise de correlação

Os resultados demonstraram correlação positiva entre AFE e densidade estomática e AFE com espessura da epiderme na face adaxial das folhas. Entre as demais variáveis não houve correlação significativa. Não havendo influencia do ambiente nas variáveis de trocas gasosas, a correlação com estas variáveis não foram consideradas para a análise de regressão (Figura 15 A e B).

Através da análise de regressão observou-se uma relação positiva entre a AFE e a densidade estomática e entre a AFE e a espessura da epiderme na face adaxial, em todos os ambientes estudados, observando-se um ajuste linear, principalmente para as folhas oriundas do Cerrado e Campo Rupestre.

#### 4.6 Índice de Plasticidade de distância relativa

O cálculo do RDPI, uma forma de quantificação da plasticidade das variáveis estruturais das folhas de *Gochnatia barrosii* demonstrou que a variável densidade de

tricomas da face abaxial apresentou o maior RDPI, seguida pelo diâmetro equatorial dos estômatos. A espessura do limbo foliar é variável de menor plasticidade, de acordo com este índice mostrado na (Figura 15)

Figura 15 - Análise de regressão entre AFE e as variáveis densidade estomática e espessura da epiderme de *Gochnatia barrosii* em diferentes ambientes de Cerrado.

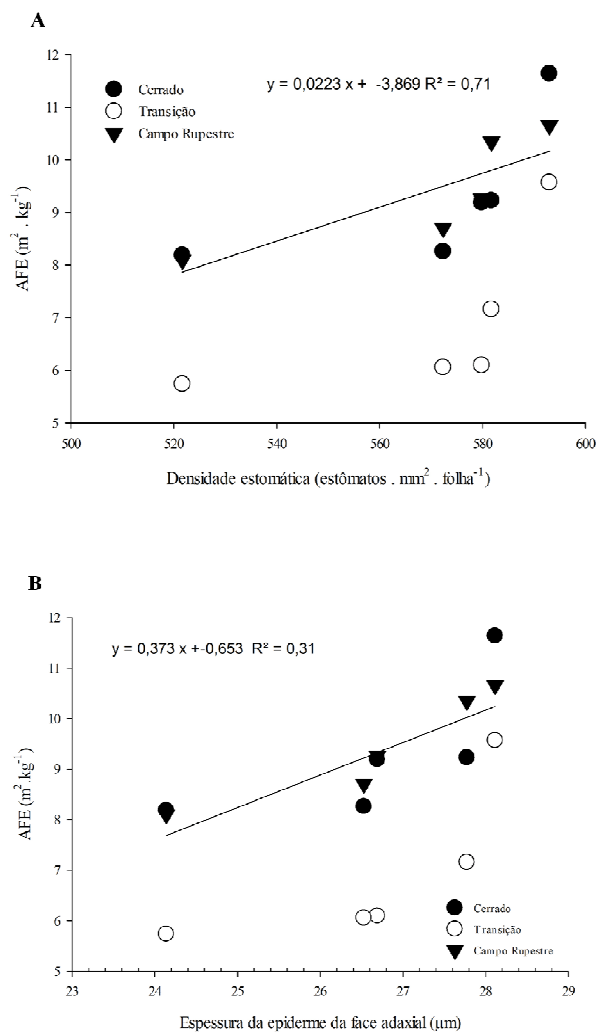
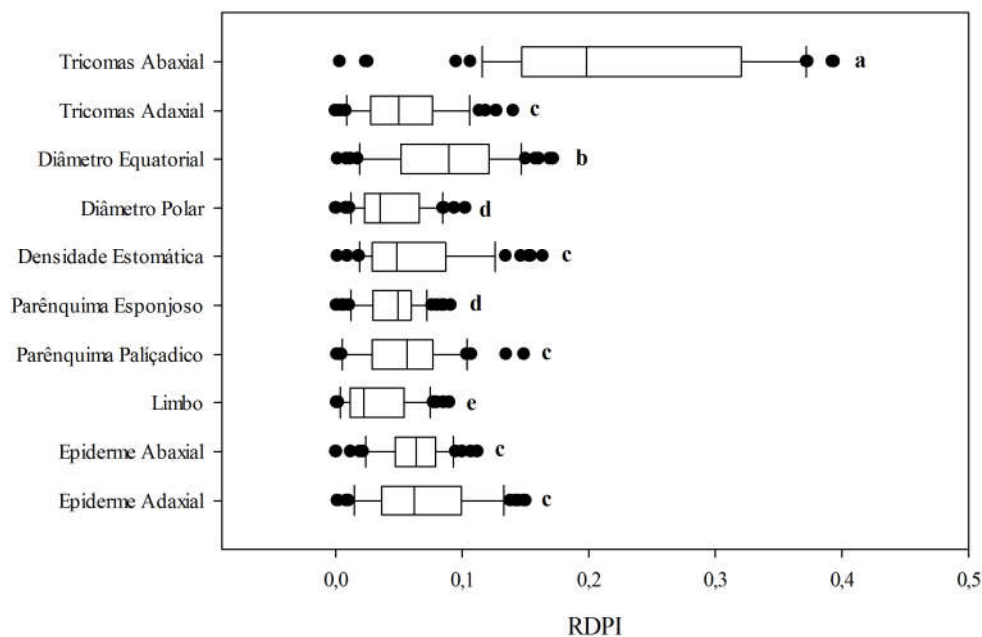


Figura 16 - Índice de Plasticidade de distância relativa (RDPI) das variáveis estruturais de folhas de *Gochnatia barrosii* em diferentes ambientes de Cerrado.



## 5 DISCUSSÃO

Em relação à análise qualitativa da anatomia, as folhas de *G. barrosii* apresentaram características anatômicas semelhantes às relatadas na literatura, como em relação à epiderme e ao mesofilo dorsiventral (Rossatto e Kolb, 2012) e ao sistema vascular (Bieras 2006). O padrão de distribuição dos estômatos também é semelhante ao descrito para espécies pertencentes à família Asteraceae (Sajo e Menezes 1994; Luque 1995). Os tipos de tricomas encontrados em *G. barrosii* diferiram dos relatados por Rossatto e Kolb (2012), uma vez que foram observados tricomas glandulares também na face adaxial das folhas, além de tricomas tectores em formato de T, diferindo dos tricomas estrelados descritos na literatura.

De acordo com Rossatto e Kolb (2012), as folhas anfi-hipoestomáticas caracterizam as espécies da família Asteraceae que se encontra em ambientes de diferentes fitofisionomias, garantindo a sobrevivência em ambientes abertos com incidência solar direta e em ambientes com maior população e conseqüentemente menor incidência solar e elevada taxa de ocupação. Considerando outras espécies do gênero como *G. polymorpha*, são observadas diferenças anatômicas relevantes, como exemplo folhas mais espessas com parênquima desenvolvido e alta densidade de

estômatos, que poderão ser relacionadas ao diferentes hábitos de crescimento e variações ambientais (Rossato e Kolb 2012).

Considerando os indivíduos analisados, embora as folhas tenham apresentado características anatômicas específicas para família Asteraceae, observou-se alterações estruturais que podem ser atribuídas às variações ambientais, contribuindo para a manutenção de todas as características de trocas gasosas avaliadas entre os ambientes.

As folhas que apresentam área foliar reduzida favorece o alto investimento em tecidos não fotossintéticos como na espessura da epiderme e cutícula, características estas comumente encontradas nas folhas expostas a altas intensidades luminosas ou baixo teor de nutrientes. Diferentemente, as folhas que apresentam elevada área foliar desenvolvem aspectos mesofíticos, não sendo capaz de suportar ambientes extremos, sendo assim desenvolvem menor espessura da epiderme foliar como estratégia para captação de luz difusa que penetra na borda do dossel. *Gochnatia barrosii* por sua vez, apresenta plasticidade fenotípica devido à capacidade de se desenvolver não apenas em fisionomias florestais, mas também em áreas de Cerrado mais abertas (Rossato e Kolb 2012).

O maior investimento das folhas em parênquima paliçádico é indício de uma estratégia das espécies que ocorrem em ambientes com alta intensidade luminosa, promovendo assim um bom desempenho para absorção de carbono e economia de água nos ambientes estudados. Essa relação da espessura do parênquima paliçádico e esponjoso pode refletir o mecanismo que favorece a captura de luz em ambientes com alta luminosidade. No entanto, as folhas da área de transição, onde há menor incidência de radiação, apresentaram maior espessura dos parênquimas paliçádico e esponjoso, fato este que pode ter determinado a menor AFE destas folhas. Assim como os indivíduos coletados no Cerrado e Campo Rupestre apresentaram maior espessura da face adaxial em resposta a maior incidência luminosa, como forma de proteção contra a perda excessiva de água para o ambiente (Sefton et al. 2002; Boeger et al. 2006; Rossato e Kolb 2012).

Conforme apresentado a maior DE observada foi em indivíduos ocorrentes de Campo Rupestre. Estudos realizados sobre a densidade estomática demonstram que a intensidade da exposição das folhas a alta ou baixa luminosidade estão diretamente relacionadas com a alta densidade estomática. Neste caso, o Campo Rupestre pode apresentar maior intensidade de radiação, promovendo o resultado analisado

anteriormente. A densidade estomática é um parâmetro fundamental para análise dos parâmetros ecofisiológicos, que afetam as trocas gasosas e a fotossíntese. Alterações da quantidade, tamanho e distribuição dos estômatos na área foliar esta diretamente relacionada com a redução do volume de água perdida, conferindo assim uma elevada plasticidade fenotípica (Pearce et al. 2006 e Rossatto e Kolb 2012). A elevada DE resulta na abertura estomática em um curto espaço de tempo, resultando assim na captação adequada de CO<sub>2</sub> e conseqüentemente reduzindo o tempo de exposição, ou seja, redução da transpiração e maior adaptabilidade nestes ambientes (Camargo e Marengo, 2011). Além disso, o comprimento das células guarda é importante podendo influenciar na densidade estomática e condutância estomática, estômatos menores se adaptam a mudanças ambientais (Hetherington e Woodward 2003; Rossatto et al. 2012). Estas modificações podem ter permitido a manutenção da transpiração e condutância estomática nas folhas deste ambiente.

A presença de tricomas tectores e glandulares foi identificada em ambas as superfícies de *G. barrosii*, observando resultados semelhantes entre as duas faces das folhas quanto a densidade de tricomas, destacando as maiores médias nas folhas oriundas do Campo Rupestre e Transição, que podem desempenhar papel fundamental na redução da transpiração. Os resultados obtidos demonstram o caráter evolutivo e adaptativo para os diferentes ambientes com diferente regime luminoso, afetando diretamente os traços foliares como forma de resposta aos recursos disponíveis nos ambientes de ocorrência (Rossatto e Kolb 2012).

As análises de correlação e regressão demonstraram que a área foliar específica pode ser relacionada, principalmente, a densidade estomática. As folhas analisadas indicaram que a medida que existe o investimento de área foliar, ocorre também um investimento na diferenciação de estômatos por unidade de área, o que pode ter influenciado as trocas gasosas e permitido sua manutenção nos diferentes ambientes.

Plantas que estão sob condições ambientais limitadas como a falta ou excesso de recursos, promovem adaptações ambientais com estratégias morfofisiológicas e anatômicas em folhas. Mudanças morfológicas, fisiológicas ou mesmo bioquímicas, podem afetar características como a área foliar, tamanho, espessura, esclerofilia, pilosidade e número de estômatos por unidade de área e por área da folha, bem como a produção de metabólitos secundários. Entre os recursos o mais limitante é o déficit hídrico, resultando em uma diminuição da área foliar, no fechamento dos estômatos,



na aceleração da senescência e na abscisão das folhas. A área foliar é uma importante característica de adaptação da planta, determinando o uso da água e seu potencial de produtividade que é altamente inibido quando está exposta a déficit hídrico (SILVA, 2016). Assim como descrito anteriormente, o presente trabalho demonstra a adaptabilidade das espécies estudadas quando expostas as condições de déficit hídrico, por exemplo, densidade de tricomas e estômatos, espessura da epiderme das folhas.

O Índice de Plasticidade de distância relativa demonstrou que as variáveis estruturais foliares não possuem a mesma plasticidade diante dos diferentes ambientes estudados, sendo a densidade de tricomas da face abaxial a variável de maior plasticidade, de acordo com este índice. Esse resultado é importante, quando é considerada a relação dos tricomas com fatores ambientais, como radiação e disponibilidade hídrica.

## **6 CONCLUSÃO**

A manutenção das características de trocas gasosas nos indivíduos das três regiões analisadas pode ter sido favorecida pelas modificações anatômicas como a espessura da epiderme, quantidade e disposição dos tricomas e diâmetro estomático. Entre estas características anatômicas, a densidade de tricomas na face abaxial das folhas é a variável de maior plasticidade para esta espécie nas condições deste estudo.

Assim, os resultados apresentam indícios de que a espécie *G. barrosii* possui potencial adaptativo diante das variações ambientais do Cerrado.

## REFERÊNCIAS

- ASSUNÇÃO, L. S.; FELFILI, M.J. **Fitossociologia de um fragmento de cerrado sensu stricto na APA do Paranoá, DF, Brasil.** 2004.
- BATALHA, M.A. 2011. **O cerrado não é um bioma.** Biota Neotropica, v. 11, n. 1, 2011.
- BIERAS, A. C. **Morfologia e anatomia foliar de dicotiledôneas arbóreo-arbustivas do Cerrado de São Paulo, Brasil.** Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.
- BOEGER, M.R.T.; KAHLER, M.; MELO JÚNIOR, J.C.F.; GOMES, M.Z.; OLIVEIRA, L.S.; CHAVES, C.R.M. e SCHOTTZ, E.S. **Estrutura foliar de seis espécies do sub-bosque de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista.** Hoehnea 33: 521-531, 2006.
- BORGES, H.B.N.; SHEPHERD, G.J. **Flora e estrutura do estrato lenhoso numa comunidade do Cerrado em Santo Antônio do Leverger, MT, Brasil.** Revista Brasileira de Botânica, São Paulo, v.28, n.1, p.61-74, 2005.
- BUKATSCH, F. **Bemerkungen zur Doppelfärbung Astrablau-Safranin.** *Microkosmos*, v. 61, n. 8, p. 255. Berlin. ISSN: 0026-3680, 1972.
- CAMARGO, M.A.B.; MARENCO, R.A. **Density, size and distribution of stomata in rainforest tree species in Central Amazonia.** Acta Amaz. Manaus, v. 41, n. 2. 2011.
- CASTRO, E.M.; PINTO, J.E.B.P.; SOARES, A.M.; MELO, H.C.; BERTALUCCI, S.K.V.; VIEIRA, C.V.; JÚNIOR, E.C.L. **Adaptações anatômicas de folhas de *Mikania glomerata* Sprengel (Asteraceae).** 2007.
- CASTRO, M.M., LEITÃO FILHO, H.F. e MONTEIRO, W.R. **Utilização de estruturas secretoras na identificação dos gêneros de Asteraceae de uma vegetação de Cerrado.** Revista Brasileira de Botânica 20:163-174, 1997.
- CATALAN CAN, BORKOSKY SA, JOSEPH-NATHAN P. **The secondary metabolite chemistry of the subtribe Gochnatiinae (tribe Mutisieae, family Compositae).** Biochem Syst Ecol 24: 659-718, 1996.
- CRITICAL ECOSYSTEM PARTNERSHIP FUND. **Perfil do Ecosistema Hotspot de Biodiversidade do Cerrado,** 29 p, 2017.
- CRONQUIST, A. **The evolution and classification of flowering plants.** 2.ed., Columbia University Press, New York, 1988.
- CUTTER, E.G. **Introdução: anatomia e o vegetal e a planta em crescimento. Anatomia vegetal: parte I: células e tecidos.** São Paulo: Roca, 2002. cap.1, p.1-7.
- DALANESI, P.E., OLIVEIRA FILHO, A.T., FONTES, M.A. L. **Flora e estrutura do componente arbóreo da floresta do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG, e correlações entre a distribuição das espécies e variáveis ambientais.** Acta bot. bras.18(4): 737-757, 2004.

DE MORRETES, BERTA LANGE; FERRI, MARIO GUIMARÃES. **Contribuição ao estudo da anatomia das folhas de plantas do cerrado**. Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo. Botânica, p. 5-70, 1959.

DURIGAN G.; MELO, A. C. G.; MAX, J. C. M.; BOAS, O. V.; CONTIERI, W. A.; RAMOS, V. S. **Manual para recuperação da vegetação de Cerrado**. 3ª Edição revisada e atualizada, São Paulo, 2011. 19 p.

DURIGAN, G. et al. **Plantas do Cerrado Paulista**: Imagens de uma paisagem ameaçada. São Paulo: Páginas e Letras, 2004. 475p.

EITEN, G. 1982. Brazilian "Savannas". Pp. 25-47. In: B.J. Huntley e B.H. Walker (eds.). **Ecology of tropical savannas**. Berlim, Springer-Verlag.

EITEN, G. **The Cerrado vegetation of Brazil**. Botanical Review, v.38, n.2, p.20 1-341, 1972.

FEDER, N.; O'BRIEN, T. P. **Plant microtechnique: some principles and new methods**. American Journal of Botany, Columbus, v. 55, n. 1, p. 123-142, Jan., 1968.

FERREIRA, D.F. **Sisvar: a computer statistical analysis system**. Ciência e Agrotecnologia. vol.35 no.6, p. 1039-1042, 2011.

FRANCINO, D. M.T. **Anatomia foliar de espécies de *Chamaecrista Moench* (Leguminosae/Caesalpinioideae) ocorrentes em campo rupestre**. 2006.

FRANKLIN, G.L. **Preparation of thin sections of synthetic resins and wood-resin composites, and a new macerating method for wood**. Nature 155(3924): 51, 1945.

FUNK, V. A., SUSANNA, A., STUESSY, T. F., e ROBINSON, H. **Classification of compositae**. *Systematics, evolution, and biogeography of Compositae*, 171-192, 2009.

GAMA; J.C.M; **Florística e Fitossociologia de Plantas Espontâneas em Comunidades Antropizadas do Cerrado em Minas Gerais**. 2009.

GAVILANES, M. L., DE CASTRO, E. M., FERREIRA PIRES, M., PEREIRA, F. J., e PEREIRA, M. P. **Micromorfometria foliar de *Palicourea rigida* kunth. (Rubiaceae) em ambiente de cerrado e campo rupestre**. Cerne, 22(2), 2016.

GAVILANES, M. L.; BRANDÃO, M. **Flora da Reserva Biológica Municipal do Poço Bonito, Lavras, MG. I - Formação Cerrado**. Daphne, Stockholm, v. 1, n. 4, p. 24-31, Belo Horizonte, Julho, 1991A.

GHALAMBOR, C. K., J. K. McKay, S. P. Carroll, and D. N. Reznick. **Adaptive versus non-adaptive phenotypic plasticity and the potential for contemporary adaptation in new environments**. Funct. Ecol. 21:394–407, 2007.

HETHERINGTON, A.M. e WOODWARD, F.I. **The role of stomata in sensing and driving environmental change**. Nature 424: 901-908, 2003.

JOHANSEN, DONALD ALECANDE. **Plant microtechnique**. McGraw-Hill Book Company, Inc.; London, 1940.

KARNOVSKY, M.J. **A formaldehyde-glutaraldehyde fixative of high osmolality for use in electron microscopy**. Journal of Cell Biology, New York, 27:137-138, 1965.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. **A conservação do cerrado brasileiro**. Revista Megadiversidade, v. 01, n. 01, p. 147- 155, 2005.

KRAUS, J. E. e M. ARDUIN. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Editora da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 1997.

KRAUS, J.E., ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Edur, Seropédica. 198p. 1997.

LIMA, Y.B.C, DURIGAN G, SOUZA, F.M. **Germinação de 15 espécies vegetais do cerrado sob diferentes condições de luz**. Bioscience Journal 30: 864-1872, 2014.

LOCARDI, B. **Influência da variação sazonal da temperatura e umidade do solo na germinação de sementes de espécies do cerrado: *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. (Annonaceae), *Banisteriopsis variabilis* B. Gates (Malpighiaceae) e *Vochysia tucanorum* Mart. (Vochysiaceae)**. 89 f. Dissertação - (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, 2011.

LUQUE, R. **Estudo morfoanatômico em espécies de *Lychnophora* Mart. (Asteraceae) dos campos rupestres do Brasil**. Tese de Doutorado, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 1995.

MACHADO, R.B., M.B. RAMOS NETO, P.G.P. PEREIRA, E.F. CALDAS, D.A. GONÇALVES, N.S. SANTOS, K. TABOR E M. STEININGER. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. Conservação Internacional, Brasília, DF, 2004.

MANN F. **A riqueza dos campos rupestres**. Revista Ecológico. Disponível em: <http://www.revistaecologico.com.br/materia.<php?id=67esecao=1021emat=1111>>, acesso: 03/02/2018, 2013.

MARQUIS, R.J. OLIVEIRA,P.S .**The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. In: Raimundo P. B. Henriques and John D. Hay. Patterns and Dynamics of Plant Populations. THE CERRADO BIOME IN THE CONTEXT OF SAVANNA DYNAMICS : Columbia University Press, 2002. cap 8 pag 14.

MARQUIS, R.J. OLIVEIRA,P.S .**The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. In: Heloisa S. Miranda, Mercedes M. C. Bustamante, and Antonio C. Miranda : The Fire Factor : Columbia University Press, 2002. cap 4 p. 51-52.

MELO-DE-PINNA, G.F.A. **Anatomia foliar de *Richterao kuntze* (Mutisieae, Asteraceae)**. Acta Botanica Brasilica 18: 591-600, 2004.

MENEZES, N.Z. e GIULIETTI, A.M. **Campos rupestres**. Pp. 65-73. In: M.P, 2000.

MESSIAS, M.C.T.B., LEITE, M.G.P., MEIRA-NETO, J.A.A. e KOZOVITS, A.R. **Fitossociologia de campos rupestres quartzíticos e ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais.** Acta Botanica Brasilica 26:230-242, 2012.

MIRANDA, H.S.; BUSTAMANTE, M.M.C. e MIRANDA, A.C. The fire factor, 51-68. *In*: Olivera, P.S. e Marquis, R.J. (eds). **The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna.** Columbia University Press, 2002.

MOURÃO, A. e STEHMANN, J.R. **Levantamento da flora do campo rupestre sobre canga hematítica couraçada remanescente na Mina do Brucutu, Barão de Cocais, Minas Gerais, Brasil.** Rodriguésia, 58 (4): 775-786, 2007.

NAKAJIMA, J. N. **A família Asteraceae no Parque Nacional da Canastra, Minas Gerais, Brasil.** Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) p. 423-424. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

NASCIMENTO, ITABORAI V. **Cerrado, o Fogo como Agente Ecológico.** Goiânia: UCG – Instituto do Trópico Sub-Úmido, 2001.

NEGREIROS, D., SILVEIRA, F.A.O., RANIERI, B.D., LANA, T.C., LIMA, L.G., ARAÚJO, L.M., OLANDIM, L., SILVA, C.A. e FERNANDES, G.W. **Recuperação de áreas degradadas em solos quartzíticos com espécies nativas.,** 2002.

OLIVEIRA FILHO, A. T. e FLUMINHAN FILHO, M. **Ecologia da vegetação do parque florestal quedas do Rio Bonito.** Cerne, v.5, n.2, p.051-064, 1999.

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

PALACIO-LÓPEZ, K., B. BECKAGE, S. SCHEINER, AND J. MOLOFSKY. **The ubiquity of phenotypic plasticity in plants: a synthesis.** Ecology and Evolution, 2015.

PEARCE, D.W.; MILLARD, S.; BRAY, D.F. e ROOD, S.R. **Stomatal characteristics of riparian poplar species in a semi-arid environment.** Tree Physiology 26: 211-218, 2006.

PIGLIUCCI, M.; MURREN, C. J.; SCHLICHTING, C. D. **Phenotypic plasticity and evolution by genetic assimilation.** J Exp Biol., 2006.

PIRES EP, POMPEU DC, SOARES JR FJ, SILVA MS. **Use of *Gochnatia barrosii* Cabrera (Asteraceae) by *Isodontia costipennis* Spinola 1851 (Hymenoptera; Sphecidae) for nest construction in the Boqueirão Reserve, MG.** Natureza on line 11 (3): 125-127, 2013.

RANIERI, B. D. et al. **Germinação de sementes de *Lavoisiera cordata* Cogn. e *Lavoisiera francavillana* Cogn.(Melastomataceae), espécies simpátricas da Serra do Cipó, Brasil.** Acta Botanica Brasilica, v. 17, n. 4, p. 523-530, 2003.

RAPINI, A.; RIBEIRO, P.L.; LAMBERT, S. e PIRANI, J.R. **A flora dos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço**. Megadiversidade, v. 4, n. 1-2, p. 16-24, 2008.

RATTER, J. A.; RIBEIRO, J. F.; BRIDGEWATER, S. **The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity**. Annals of botany, v. 80, n. 3, p. 223-230, 1997.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia vegetal**. 7.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

REIS, G. H.; MANSANARES, M. E.; DOMINGOS, D. Q.; MEIRELES, L. D.; BERG, E. V.D. **Asteraceae dos Campos Rupestre das Serras da Bocaina e de Carrancas, Minas Gerais, Brasil**. Rodriguésia 66(3): 829-845, 2015.

RIBEIRO, J. F. e WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do bioma cerrado**. In: **Cerrado: Ambiente e flora: Planaltina: EMBRAPA-CPAC**, P. 89-166, 1998.

RIBEIRO, Jonathan Wesley Ferreira. **Aspectos do nicho de regeneração em duas espécies de *Gochnatia* (Asteraceae) em comunidade de cerrado**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências e Letras de Assis, 2014.

ROQUE, N. e BAUTISTA, H. P. **Asteraceae: caracterização e morfologia floral**. Editora da Universidade Federal da Bahia, Salvador. 69 p., 2008.

ROSSATTO, D.R., KOLB, R.M. **Structural and functional leaf traits of two *Gochnatia* species from distinct growth forms in a sclerophyll forest site in Southeastern Brazil**. Acta Botanica Brasilica, v. 26, n. 4, p. 849-856, 2012.

SAJO, M.G. e MENEZES, N.L. **Considerações sobre a anatomia foliar de espécies de *Vernonia* Scrb. (Compositae) da Serra do Cipó, MG**. Naturalia 19: 173-183, 1994.

SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Brasília, Embrapa Cerrados, 1998.

SCHEINER, S.M. **GENETICS and evolution of phenotypic plasticity**. Annual Review of Ecology and Systematics 24: 35-68, 1993.

SEFTON, C.A.; MONTAGU, K.D.; ATWELL, B.J. e CONROU, J.P. **Anatomical variation in juvenile eucalypt leaves account for differences in specific leaf area and CO<sub>2</sub> assimilation rates**. Australian Journal of Botany 50: 301-310, 2002.

SILVA, B.L.R. **Ecofisiologia e morfoanatomia de herbáceas em florestas secas em regeneração**. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares, 2016.

SILVA LB, STRAPASSON RLB, RIVA D, SALVADOR MJ, STEFANELLO MEA. **Triterpenos das flores de *Gochnatia polymorpha* subsp. *floccosa***. Rev Bras Farmacogn 21: 556-559, 2011.

SILVA, E. R. **Modificações estruturais e funcionais da folha de *Eremanthus incanus* (Less.) Less. (Asteraceae) em diferentes ambientes no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito.** Dissertação (Mestrado em Botânica Aplicada) p. 1-65. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018.

SILVA, W. **Gradiente Vegetacional e Pedológico em Complexo Rupestre de Quartzito no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil.** University Federal of Viçosa, Viçosa, 79, 2013.

SOARES, P. N. **Taxonomia de *Acilepopsis*, *Chrysolaena*, *Echynocoryne*, *Stenocephalum* e *Vernonanthura* (Vernonieae, Asteraceae) de Minas Gerais, Brasil.** Dissertação de Mestrado da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2012.

SOUSA, Jaily de valla. **A devastação do Cerrado como consequência da exploração do agronegócio.** 2013.

SOUTO, L.S. e OLIVEIRA, D.M.T. **Morfoanatomia e ontogênese do fruto e semente de *Byrsonima intermedia* A. Juss. (Malpighiaceae).** Revista Brasileira de Botânica 28:697-712, 2005.

STEARNS, A.D. **The evolutionary significance of phenotypic plasticity.** Bioscience 39: 436-445, 1989.

STOKES, K.E.; ALLCHIN, A.E.; BULLOCK, J.M. e WATKINSON, A.R. **Population responses of *Ulex* shrubs to fire in a lowland heath community.** Journal of Vegetation science, 15: 505 – 514, 2004.

CB. B., BROOKS T., FELTRAN-BARBIERI R. et al. **Moment of truth for the Cerrado hotspot.** Nat. Ecol. Evol. 1, 99, 2017.

VALLADARES, F; Gianoli, E; Gómez, J.M; **Ecological limits to plant phenotypic plasticity.** New phytologist, v. 176, n. 4, p. 749-763, 2007.

VASCONCELLOS, MF., 2011. **O que são campos rupestres e campos de altitude nos topos de montanha do Leste do Brasil?** Revista Brasileira de Botânica, vol. 34, no. 2, p. 241-246, 2011.

VIA, S. **Adaptive phenotypic plasticity: target or by-product of selection in a variable environment.** The American Naturalist 142: 352-365,1993.

ZHU Z, TREMBLAY N, LIANG Y. **Comparing SPAD and at LEAF values for chlorophyll assessment in crop species.** Canadian Journal of Soil Science 92: 645–648, 2012.

ZIRONDI, H.L. **O fogo quebra a dormência e aumenta a germinação de espécies de cerrado.** 2015.