



ELIAS ROMA DA SILVA

**MODIFICAÇÕES ESTRUTURAIS E FUNCIONAIS DA
FOLHA DE *Eremanthus incanus* (Less.) Less. (Asteraceae) EM
DIFERENTES AMBIENTES NO PARQUE ECOLÓGICO
QUEDAS DO RIO BONITO**

**LAVRAS-MG
2018**

ELIAS ROMA DA SILVA

**MODIFICAÇÕES ESTRUTURAIS E FUNCIONAIS DA FOLHA DE *EREMANTHUS*
INCANUS (LESS.) LESS. (ASTERACEAE) EM DIFERENTES AMBIENTES NO PARQUE
ECOLÓGICO QUEDAS DO RIO BONITO**

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.

Profa. Dra. Marinês Ferreira Pires Lira

Orientadora

LAVRAS-MG

2018

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

Silva, Elias Roma da.

Modificações estruturais e funcionais da folha de *Eremanthus
Incanus* (less.) Less. (Asteraceae) em diferentes ambientes no
parque ecológico quedas do Rio Bonito / Elias Roma da Silva. -
2018.

64 p. : il.

Orientador(a): Marinês Ferreira Pires Lira.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Anatomia Foliar. 2. Fitofisionomia. 3. EUA. I. Lira, Marinês
Ferreira Pires. . II. Título.

ELIAS ROMA DA SILVA

MODIFICAÇÕES ESTRUTURAIS E FUNCIONAIS DA FOLHA DE *Eremanthus incanus* (Less.) Less. EM DIFERENTES AMBIENTES NO PARQUE ECOLÓGICO QUEDAS DO RIO BONITO

STRUCTURAL AND FUNCTIONAL MODIFICATIONS OF THE LEAF OF *Eremanthus incanus* (Less.) Less. IN DIFFERENT ENVIRONMENTS IN THE ECOLOGICAL PARK QUEDAS DO RIO BONITO

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, 01 de março de 2018.

Prof. Dr. Marco Aurélio Leite Fontes UFLA

Prof. Dr. Thiago Corrêa de Souza UNIFAL

Profa. Dra. Marinês Ferreira Pires Lira
Orientadora

LAVRAS-MG

2018

*A toda minha família pelo apoio incondicional,
em todas as etapas da minha vida.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Á Deus, pela minha vida e por ser minha luz e fonte de fé para eu lutar por todos os meus sonhos.

A CAPEs, pelo apoio financeiro concedido.

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-graduação em Botânica Aplicada pela oportunidade.

Aos amigos que conquistei em Lavras e em especial no curso de Botânica Aplicada: Daniele, Sofia (Minha Ticha linda), Nathale, Wilson, Angélica, Dayanne e todos os amigos do herbário ESAL, pelos conhecimentos em que pude conceder e receber, que veio a somar para o aprendizado da pessoa e do profissional em que me tornei.

A todos os Professores do curso de Botânica, em especial aos professores Evaristo, Gavilanes e Mariana pelos inúmeros aprendizados e conhecimentos.

A minha orientadora Marinês Ferreira Pires Lira, que mesmo diante do grande problema em que me ocorreu no decorrer do mestrado, aceitou me orientar e se dispôs em me ajudar em tudo que foste preciso para a finalização desse curso, e claro, por todo e valioso ensinamento que pude adquirir, e incentivo aos estudos de anatomia e fisiologia vegetal em que hoje tanto me apaixonei. Muito obrigado por tudo!

A minha mãe Ângela Maria, por todo amor, apoio e sempre me incentivar aos estudos. Ao meu Tio Marcos, pelo carinho e por toda força de fé sempre depositada em mim. Ao meu pai João Carlos, que mesmo não estando mais ao meu lado, sei que torce por mim lá de cima, pois sempre me incentivou e me mostrou a importância dos estudos. E aos demais familiares por todo amor e carinho, pela força e apoio que sempre recebi!

E aos meus amigos de tantas caminhadas e tantos anos: Eduardo, Ana Rosa, Jéssica, Suelen, Leonardo, Cícero, Luiz Felipe, Tony, e em especial ao Douglas, pelos conselhos, ensinamentos, pela força, companheirismo, motivação que sempre me deram, e pelos bons momentos vividos!

MUITO OBRIGADO!

“Aprendi que as oportunidades da vida nunca são perdidas, o aprendizado é sempre somado na conta do nosso saber.”

(Elias Roma da Silva)

RESUMO

A vegetação do Alto Rio Grande é composta por manchas de floresta, cerrado e campo rupestre. Esta notável variação fisionômica se dá pelo motivo desta região abrigar uma das áreas de transição entre os cerrados do Brasil central e as florestas semidecíduas do sudeste e sul do país. *Eremanthus incanus* (Asteraceae) é uma das muitas espécies que ocorre nesses diferentes ambientes, indicando uma provável plasticidade para se ajustar às variações ambientais dessas fitofisionomias. Objetivou-se nesse estudo, analisar as modificações anatômicas e fisiológicas de folhas de *E. incanus*, em diferentes fisionomias vegetais no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras – MG. Para isso, foram coletadas as folhas de dez indivíduos de três áreas distintas: 1) Transição Mata – Cerrado; 2) Campo Rupestre e 3) Cerrado. Foram confeccionadas e fotografadas as lâminas de secções transversais e paradérmicas. Foram obtidos em campo também, os dados de trocas gasosas com uso do IRGA, dados de clorofila com o uso de um clorofilômetro, e dados de fluorescência obtidos por meio de um fluorímetro de luz modulada. A partir de uma análise de componentes principais foram selecionadas as variáveis anatômicas e fisiológicas que obtiveram maior valor de significância, posteriormente foi realizada uma análise de regressão multivariada utilizando os três ambientes (variável explanatória) e as variáveis anatômicas e fisiológicas (variáveis respostas). Desta forma, foi avaliado o efeito causado pela variável explanatória nas variáveis respostas por meio da análise de variância e teste do Chi-quadrado ($p < 0,05$). Por uma análise qualitativa da anatomia foliar de *E. incanus*, observou-se epiderme unisseriada, mesófilo dorsiventral, folhas anfiestomáticas e com grande quantidade de tricomas na face abaxial. A espessura da epiderme adaxial e a quantidade de tricomas abaxiais tiveram alterações devido às variações ambientais de cada área. Na área de Cerrado as folhas de *E. incanus* apresentaram maior espessura da epiderme na face adaxial e da região de tricomas, provavelmente, devido a essa área conter pouca disponibilidade hídrica no solo e estar exposta a constante radiação solar provocando um aumento na temperatura foliar. Assim, as modificações estruturais favoreceram uma maior assimilação de CO_2 , maior eficiência no uso da água, e menor transpiração da folha de *E. incanus*. Esse resultado, mostra que esta espécie possui uma plasticidade para se adaptar aos diferentes ambientes e as suas variações ambientais.

Palavras-chave: Anatomia Foliar. Fitofisionomia. EUA. Tricomas. Trocas Gasosas.

ABSTRACT

The vegetation of the Alto Rio Grande is composed of forest patches, cerrado and rock field. This remarkable physiognomic variation is due to the reason for this region to shelter one of the transition areas between the cerrado of central Brazil and the semideciduous forests of the southeast and south of the country. *Eremanthus incanus* (Asteraceae) is one of many species that occurs in these different environments, indicating a probable plasticity to fit the environmental variations of these phytophysiognomies. The objective of this study was to analyze the anatomical and physiological modifications of leaves of *E. incanus*, in different vegetation physiognomies. For this, the leaves of ten individuals from three different areas were collected: 1) Mata - Cerrado transition; 2) Rocky Field and 3) Closed Transition - Rocky Field. The slides of transversal and paradermica sections were stained and photographed. Data were also obtained in the field of gas exchange using IRGA, SPAD and MINI-PAM. From a principal component analysis, the anatomical and physiological variables that obtained the highest significance value were selected, and a multivariate regression analysis was performed using the three environments (explanatory variable) and the anatomical and physiological variables (response variables). Thus, the effect of the explanatory variable on the response variables was evaluated using analysis of variance and Chi-square test ($p < 0.05$). A qualitative analysis of the leaf anatomy of *E. incanus* revealed uniseriate epidermis, dorsiventral mesophyll, amphistomatic leaves and a large number of trichomes on the abaxial surface. The thickness of the adaxial epidermis and the amount of abaxial trichomes were altered due to the environmental variations of each area. In the Closed - Field Transition area, the leaves of *E. incanus* showed a greater thickness of the adaxial epidermis and of the trichomes region, probably due to the fact that this area contains little water availability in the soil and is exposed to constant solar radiation causing an increase in leaf temperature. Thus, the structural modifications favored a greater assimilation of CO₂, greater efficiency in water use, and less transpiration of the *E. incanus* leaves. This result shows that this species has a plasticity to adapt to different environments and their environmental variations.

Keywords: Foliar Anatomy. Phyto physiognomy. EUA. Trichomes. Gas Exchange.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Exsicata de <i>Eremanthus incanus</i>	19
Figura 2 -	Mapa do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito (PEQRB), município de Lavras, MG, mostrando sua situação geográfica, e distribuição da floresta semidecídua, candeval e formações abertas (campo de altitude, campo rupestre e cerrado) no interior do Parque. ■ =Floresta Semidecídua; ■ = Candeval; □ = Formações abertas.....	26
Figura 3 -	Mapa do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito (PEQRB), município de Lavras, MG, mostrando as três áreas de coleta do material botânico. Área 1: Transição Mata – Cerrado; Área 2: Campo Rupestre; Área 3: Cerrado.....	27
Figura 4 -	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. A: Área de Transição Mata – Cerrado; B: Área de Campo Rupestre; C: Área de Cerrado.....	28
Figura 5 -	Secções transversais da folha de <i>E. incanus</i> , coletadas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG. A: Secção do mesofilo; B: Secção do mesofilo detalhando a epiderme com a cutícula; C: Face adaxial detalhando o tricoma adaxial; D: Face abaxial detalhando os tricomas; E: Face abaxial detalhando a epiderme e os tricomas. EpAd = Epiderme adaxial; EpAb = Epiderme abaxial; Eb = Células da bainha; Cut = Cutícula; Tr = Tricoma tector; Tg = Tricoma glandular; PP = Parênquima paliádico; PE = Parênquima esponjoso; FV = Feixe vascular; Es = Estômato.....	34
Figura 6 -	Secções paradérmicas da folha de <i>E. incanus</i> , coletadas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG. A: Face adaxial da epiderme; B: Face abaxial da epiderme. Es = Estômato; Tr = Tricoma..	35
Figura 7 -	Secções transversais da nervura da folha de <i>E. incanus</i> , coletadas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG. A: Secção da nervura central; B: Secção da nervura detalhando o colênquima; C: Secção da nervura detalhando os esclereídeos; D: Secção da nervura detalhando esclereídeo e cristal de oxalato. Pf = Parênquima fundamental; Col = Colênquima; Esc = Esclereídeo; Tr = Tricoma; Ds = Drusas (Cristal de oxalato); FV = Feixe vascular.....	35
Figura 8 -	Gráficos das variações fisiológicas da folha de <i>E. incanus</i> , coletadas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG. CR = Campo Rupestre; C = Cerrado; TMC = Transição Mata – Cerrado; A = Fotossíntese; E = Transpiração; Ci = Concentração intercelular de CO ₂ ; EUA = Eficiência do uso da água; EIUA = Eficiência intrínseca do uso da água. Barras: Erro padrão.....	37
Figura 9 -	Gráficos das variações fisiológicas da folha de <i>E. incanus</i> , coletadas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG. CR = Campo Rupestre; C = Cerrado; TMC = Transição Mata – Cerrado. Barras: erro padrão.....	38
Figura 10 -	Secções transversais da lâmina foliar de <i>E. incanus</i> , coletadas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG. A: Área de transição Mata-Cerrado; B: Área de Campo Rupestre; C: Área de Cerrado. EpAd = Epiderme Adaxial; EpAb = Epiderme Abaxial; Tab = Tricomas abaxiais.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Análise de regressão múltipla com todas variáveis testadas e os resultados com o melhor modelo proposto.....	40
Tabela 2 -	Análise de regressão múltipla com os modelos propostos.....	40

LISTA DE SIGLAS

PEQRB – Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito

TCM – Transição Mata - Cerrado

CP – Campo Rupestre

C – Cerrado

A – Fotossíntese

EUA – Eficiência do uso da água

EIUA – Eficiência intrínseca do uso da água

C_i – Concentração intercelular de CO₂

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	16
2.1	Cerrado.....	16
2.2	Campo rupestre.....	17
2.3	<i>Eremanthus incanus</i> (Less.) Less. (Asteraceae).....	17
2.4	Plasticidade fenotípica em plantas.....	19
3	HIPÓTESE.....	22
4	OBJETIVOS.....	23
4.1	Objetivo geral.....	23
4.2	Objetivos específicos.....	23
5	METODOLOGIA.....	24
5.1	Área de estudo.....	24
5.2	Obtenção do material vegetal.....	26
5.3	Análise das características fisiológicas.....	28
5.4	Área foliar e Área foliar específica.....	29
5.5	Anatomia foliar.....	30
5.6	Análises estatísticas.....	31
6	RESULTADOS.....	33
6.1	Análise qualitativa da anatomia foliar.....	33
6.2	Análise de trocas gasosas e de anatomia foliar quantitativa.....	36
7	DISCUSSÃO.....	41
8	CONCLUSÃO.....	44
	REFERÊNCIAS.....	45
	ANEXOS.....	51

1 INTRODUÇÃO

A região do alto Rio Grande está situada no sul de Minas Gerais no campo das vertentes, apresentando vegetação em mosaico composto de manchas de floresta, cerrado e campo rupestre. Essa notável variação fisionômica ocorre por esta região abrigar uma das áreas de transição entre os cerrados do Brasil central e as florestas semidecíduas do sudeste e sul do país, e essa transição se verifica em pleno domínio da serra da Mantiqueira, cujo relevo acidentado promove uma grande variação ambiental com fisionomias vegetais peculiares, possuindo uma grande diversidade de espécies vegetais (OLIVEIRA-FILHO e FLUMINHAM-FILHO, 1999).

A vegetação desta região é composta por formações florestais tendo fragmentos de Floresta Atlântica e de Cerradões que está paralelo a um regime hídrico, fazendo com que essas áreas tenham uma boa disponibilidade de água no solo. Há também formações mais abertas como o Cerrado *stricto sensu* com arvoretas esparsas e formações campestres como os Campos Rupestres, apresentando um estrato herbáceo e arbustivo que sobrevive sob condições ambientais extremas como forte radiação solar, pouca fertilidade e baixa retenção hídrica no solo (REIS et al., 2015).

A família Asteraceae possui uma grande representatividade de espécies nas fisionomias da região do Alto Rio Grande (NAKAJIMA, 2000). *Eremanthus incanus* (Less.) Less., uma das espécies da família Asteraceae conhecida como candeia (RIBEIRO, et al., 2010), é endêmica do Brasil e encontra-se nos domínios fitogeográficos da Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica, e ocorre na Bahia e em Minas Gerais (REFLORA, 2018). É uma espécie heliófila e, portanto, ocorre geralmente nas bordas de matas de galeria, em formações de cerrado denso ou em ambientes campestres (JUNIOR et al., 2017).

Trabalhos relacionados à anatomia foliar têm contribuído para estudos de outros campos da botânica como a fisiologia, morfologia, taxonomia e também a ecologia. O conhecimento da estrutura interna da planta pode explicar a adaptação a um determinado ambiente em que essa espécie ocorre, bem como as variações desse ambiente (GAVILANES et al., 2016).

As variações ambientais em que uma espécie de planta podem enfrentar no seu habitat podem promover uma série de mudanças em nível celular, anatômico, fisiológico e até na sua morfologia (VALLADARES et al., 2002). Esse fato mostra a importância de pesquisas relacionadas à anatomia foliar no âmbito ecológico a fim de estudar as variações na estrutura e

no metabolismo de *E. incanus*, bem como a conservação desta espécie que ocorre em diferentes ambientes

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Cerrado

Recobrando cerca de 60% do território brasileiro, o Cerrado é o segundo maior domínio fitogeográfico do Brasil e da América do Sul, sendo presente em vários estados no Brasil, principalmente no estado de Minas Gerais. Abriga mais de 11.000 espécies vegetais sendo que cerca de 4.400 espécies são endêmicas deste estado, o que mostra a grande diversidade e riqueza de espécies neste domínio (RIBEIRO e WALTER, 1998). No geral, encontra-se sobre um relevo suave a suave ondulado, sendo uma savana tropical típica cujo sua vegetação é compreendida por árvores tortuosas e esparsa, geralmente com casca do tronco espessa e folhas grossas, entremeadas com uma vegetação graminóide bastante evidente (BORGES, 2002; FELFILI et al., 2007). A flora que corresponde à vegetação do cerrado do Brasil, como as espécies herbáceas e subarbustivas apresentam diversas origens: Campos meridionais, campos rupestres, campos úmidos e campos amazônicos (RIZZINI, 1963; HERINGER et al. 1977). De acordo com Heringer et al. (1977), a flora herbácea-arbustiva do cerrado é distribuída em pelo menos 500 gêneros, havendo um grande predomínio de espécies da família Poaceae.

O cerrado apresenta uma fisionomia bastante variável, e essa variação se dá de acordo com estrato lenhoso de árvores e arbustos onde predominam em uma fisionomia florestal conhecida como Cerradão, e o estrato herbáceo que predomina nas fisionomias de campo cerrado, campo rupestre, campo limpo e campo sujo. Nas situações intermediárias a essas fisionomias ocorre o cerrado *stricto sensu* (OLIVEIRA-FILHO e FLUMINAHAM-FILHO, 1999; ROSSATTO et al., 2009).

O clima desse bioma é bastante instável, por ocorrer na faixa tropical do Brasil, no entanto, a flora do Cerrado geralmente vive constante exposta à radiação solar, sendo frequentes temperaturas mais altas nesta fisionomia. O solo apresenta certas peculiaridades contendo metais pesados como o alumínio, geralmente pouca fertilidade e baixa disponibilidade hídrica. Esses fatores ambientais geralmente provocam mudanças estruturais e funcionais nas plantas, para se adaptarem as condições adversas (RIBEIRO e WALTER, 1998).

2.2 Campo rupestre

Os Campos Rupestres formam uma fisionomia campestre do domínio do Cerrado, que recobre cerca de 1% do território brasileiro, sendo muito destacado nos estados da Bahia e Minas Gerais (AZEVEDO e VAN DEN BERG, 2007; GASTAUER et al., 2012). Esta formação vegetal divide-se em dois grandes grupos: campos, com predominância de espécies herbáceas crescendo sob solo arenoso pedregoso, com muitos representantes pertencentes às famílias Poaceae, Cyperaceae, Eriocaulaceae, Xyridaceae e algumas espécies de Velloziaceae, e os afloramentos rochosos, onde predominam arbustos, subarbustos e ervas das famílias Velloziaceae, Asteraceae, Melastomataceae e algumas espécies de Poaceae (RIBEIRO e WALTER, 1998; CONCEIÇÃO e GIULUETTI, 2002; CONCEIÇÃO e PIRANI, 2007; RAPINI et al., 2008;).

Os Campos Rupestres caracterizam-se por ocorrerem em regiões montanhosas acima de 900 metros, com solos mais rasos e baixíssima retenção hídrica, pobres em nutrientes, de formação quartzítica e com relevo geralmente bem acidentado (BENITES et al., 2003; CONCEIÇÃO e PIRANI, 2007; NETO, 2012; VASCONCELOS, 2011). A altitude elevada deste ambiente assim como o relevo e o afloramento rochoso proporcionam uma grande amplitude térmica no decorrer do dia como em todas as estações do ano. A declividade e a rochosidade favorece a enxurrada das águas da chuva e isso resulta num curto período de disponibilidade hídrica no solo. Além desses fatores, os Campos Rupestres estão muito associados com o regime do fogo, sendo uma fisionomia que abriga uma vegetação com uma boa resiliência a este tipo de impacto. Devido a estes fatores edáficos e ambientais os Campos Rupestres abrigam uma flora muito específica que possui uma boa adaptação a esse tipo de ambiente, e propicia alto grau de endemismo (REIS et al., 2015).

2.3 *Eremanthus incanus* (Less.) Less. (Asteraceae)

Asteraceae Bercht. e J. Presl é a família de angiospermas com maior diversidade de espécies, com cerca de 1600-1700 gêneros e cerca de 24.000 espécies, sendo que no Brasil são registrados 288 gêneros e 2.087 espécies, e esta família corresponde aproximadamente a 10% da flora mundial (NAKAJIMA, 2000; FUNK et al., 2009; REIS, 2015). É uma família cosmopolita, habitando grande parte do mundo todo, exceto a Antártida (FUNK et al., 2009).

A família Asteraceae é monofilética, sustentada por características morfológicas como inflorescência em capítulo cujas flores sésseis estão inseridas no receptáculo floral, tendo

brácteas formando o involúcro, o 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).

Podem ser ervas lianas, arbustos e raramente árvores e arvoretas e ocupam diversos habitats, ocorrendo mais frequentemente em fisionomias campestres, ambientes montanhosos, sendo menos frequente em ambientes florestais (NAKAJIMA e SEMIR, 2001; KEELEY e ROBINSON, 2009; SILVA et al., 2014 REIS, 2015).

Tradicionalmente a família Asteraceae é dividida em 11 subfamílias e 35 tribos (FUNK et al., 2009). A tribo Vernonieae Cass. é uma tribo pantropical da subfamília Cichorioideae, e possui 21 subtribos, cerca de 180 gêneros e mais de 1.700 espécies, distribuídas na América, Ásia e África (SOARES, 2012). Os gêneros americanos estão agrupados em 10 subtribos, e são diferenciados pelo grão de pólen, número de flores, compostos químicos e número cromossômico (ROBINSON, 1999; DEMATTEIS, 2007, 2009). No Brasil a tribo apresenta cerca de 650 espécies distribuídas em 52 gêneros e 14 subtribos baseados por características morfológicas e moleculares (ROBINSON, 1999).

O gênero *Eremanthus* Less., possui espécies arbustivas e arbóreas chamadas vulgarmente de “candeias”, e tem uma grande representatividade em número de indivíduos em três espécies distintas como *E. erythropappus* (DC.) Macleish, *E. incanus* (Less.) Less. e *E. glomerulatus* Less., sendo que *E. erythropappus* e *E. incanus* são de maior importância econômica e de maior ocorrência em Minas Gerais (RIBEIRO, et al., 2010). As candeias estão submetidas à constante pressão exploratória, devido à boa qualidade da composição de seus óleos essenciais, que se destaca como componente principal, o α -bisabolol, que possui propriedades antibacterianas, antimicóticas e dermatológicas (PEREZ, 2001; JUNIOR et al., 2017).

Eremanthus incanus (Less.) Less. (figura 1) é uma espécie endêmica do Brasil e encontra-se nos domínios fitogeográficos da Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica, e sua área de ocorrência está restrita nos estados da Bahia e Minas Gerais (REFLORA, 2018). Essa espécie se desenvolve muito bem em formações campestres e também em formações menos densa de florestas, pois é uma espécie heliófila que necessita da exposição à luz solar (JUNIOR et al., 2017).

Atualmente não há na literatura uma descrição anatômica da folha de *E. incanus*, mas existe um trabalho de descrição anatômica foliar de *E. erythropappus* realizado por Dutra et al. (2010). A folha desta espécie irmã de *E. incanus* possui epiderme unisseriada com paredes

anticlinais ligeiramente onduladas, a cutícula é delgada e lisa, a folha é dorsiventral e anfiestomática com poucos estômatos adaxiais, os estômatos são em geral anomocíticos e alguns poucos são anisocíticos, possui tricomas glandulares capitado e unicelular em ambas as faces da folha e possui tricomas tectores na face abaxial com ramificações aladas apicais.

Figura 1 – Exsicata de *Eremanthus incanus*



Fonte: Herbário ESAL da Universidade Federal de Lavras, registro nº 29309.

2.4 Plasticidade fenotípica em plantas

Todos os órgãos das plantas possuem um metabolismo e funcionamento ótimo quando a planta está em equilíbrio com o ambiente, porém, mudanças ambientais podem ocasionar estresse para a planta, obrigando-a desenvolver estruturas anatômicas e morfológicas bem

como mudar seu metabolismo para sobreviver às variações do ambiente (PIGLIUCCI et al., 2006), que pode ser considerada como plasticidade.

Inicialmente, a plasticidade fenotípica foi estabelecida como respostas de organismos a diferentes variações ambientais ou estímulos, ou seja, a capacidade de um determinado genótipo de expressar fenótipos distintos em resposta a um estímulo ou variação do ambiente (BRADSHAW, 1965). A plasticidade fenotípica em plantas é muito maior que em animais, devido ao tipo de crescimento dos vegetais que geralmente é indeterminado, o que possibilita uma maior amplitude de variação que pode ocorrer no organismo vegetal (RAVEN, 2001).

Para o estudo de plasticidade fenotípica em plantas, devem-se considerar diferentes níveis hierárquicos, de forma que haja um encadeamento de respostas, como por exemplo, um sinal percebido por uma célula devido a um estímulo ambiental vai provocar mudanças a nível fisiológico, podendo afetar também a anatomia e morfologia do organismo vegetal (SCHLICHTING e SMITH, 2002).

As características individuais de cada organismo influenciam diretamente no tipo específico e o nível de plasticidade e pode haver variação a alguns fatores ambientais, por exemplo: enquanto uma determinada característica de um organismo possa ser plástica em resposta a mudanças de temperatura, ela pode também ser estável a variação de nutrientes ou fertilidade do solo, e vice-versa (WEST-EBERHARD, 2003).

Segundo Valladares et al. (2000), a folha, é órgão vegetal mais estudado em relação a plasticidade fenotípica, devido a sua maior resposta as muitas variações do ambiente. Fatores como temperatura, luminosidade, disponibilidade hídrica no solo, fertilidade do solo e outras condições edáficas, podem influenciar diretamente o desenvolvimento das folhas de plantas. Cada fator ambiental como estes, pode promover alterações fenotípicas na anatomia, morfologia e fisiologia das plantas (VALLADARES et al., 2002).

De maneira geral, as folhas tendem a estar estruturadas anatomicamente a fim de maximizar o processo fotossintético, em especial na captação de radiação solar e dióxido de carbono e minimizar a perda de água por transpiração, e também os danos de radiação solar excessiva (SOMAVILLA e GRACIANO-RIBEIRO, 2011).

Folhas de espécies de cerrado, comumente, apresentam características e estruturas anatômicas ligadas à economia de água pela planta, já que a transpiração é um processo muito frequente em espécie desse bioma, em especial de ambientes xéricos. As espécies de cerrado apresentam geralmente estruturas anatômicas de clima seco, como epiderme na face adaxial revestida por uma espessa camada de cutícula, estômatos abrigados em depressões na epiderme (cripta subestomática), grande quantidade de tricomas de diversos tipos em uma ou

nas duas faces da folha, grande quantidade de tecidos de sustentação como colênquima e esclerênquima, e parênquima aquífero (DE MORRETES e FERRI, 1959). Estas modificações estruturais nas folhas de espécies de Cerrado são adaptações das plantas para sobreviver a condições ambientais adversas, e devido ao Cerrado apresentar uma grande variação fitofisionômica, o estudo da anatomia foliar das espécies de Cerrado se mostra importante para conhecermos melhor as respostas fisiológicas dessas plantas em meio às variações ambientais desse bioma.

3 HIPÓTESE

- As variações ambientais de cada local de ocorrência de *E. incanus* podem promover modificações anatômicas e fisiológicas que servem como ambientação para a sobrevivência desta espécie nas diferentes fisionomias de Cerrado.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo geral

Analisar a anatomia e as características fisiológicas de folhas de *Eremanthus incanus*, em diferentes fisionomias vegetais de Cerrado.

4.2 Objetivos específicos

- Caracterizar as estruturas anatômicas das folhas de *Eremanthus incanus* a fim de identificar as variações nas dimensões dos tecidos e na densidade estomática nas diferentes fisionomias;
- Analisar as características de fluorescência, trocas gasosas e teor de clorofila, e a relação destas com a anatomia das folhas a fim de compreender possíveis modificações na fotossíntese e na condutância estomática nos diferentes ambientes;
- Identificar características relacionadas à plasticidade fenotípica da espécie às variações ambientais impostas pelos ambientes;
- Caracterizar a estrutura anatômica da folha de *Eremanthus incanus*

5 METODOLOGIA

5.1 Área de estudo

O Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito (PEQRB), está situado ao sul da cidade de Lavras, Minas Gerais, que compreende a região do Alto do Rio Grande, e é mantido pela Fundação Abraham Kasinski (FAK). Possui uma área de 235 hectares e apresenta vários atributos interligados: relevo, fauna, flora e uma área natural preservada. O parque é uma unidade particular aberta ao público e constitui a maior área verde do município, com grande diversidade de espécies, e a vegetação primitiva é de grande importância para pesquisadores e especialistas de muitas áreas, principalmente a das ciências da natureza e recursos naturais (OLIVEIRA-FILHO e FLUMINHAM-FILHO, 1999).

A região do Alto Rio Grande, ao sul de Minas Gerais (entre 21°00' - 22°20'S e 43°50' - 45°00'W), compreende uma área de aproximadamente 9000 km² e possui uma vegetação composta de floresta, cerrado e campo rupestre. Essa variação fitofisionômica se dá pelo fato de que a região está inserida em uma área de transição de cerrado e da mata atlântica *sensu lato* e essa transição está no domínio da serra da Mantiqueira, da qual o seu relevo acidentado promove uma grande variação da vegetação (DALANESI et al., 2004).

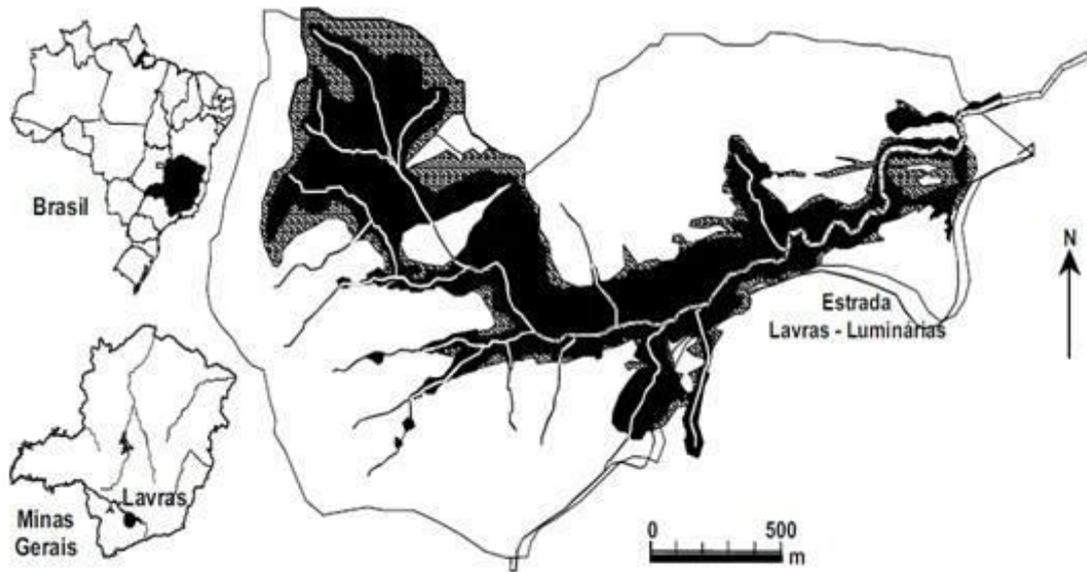
A área total do PEQRB é relativamente pequena, constituída por uma valiosa amostra da vegetação primitiva da região do Alto Rio Grande, pois seus três tipos fisionômicos principais - floresta, cerrado e campo rupestre - encontram-se bem representados e razoavelmente preservados (DALANESI et al., 2004).

As principais rochas no PEQRB são os quartzitos e micaxistos, nas áreas mais altas (superfície de erosão Gondwana), e os gnaisses graníticos leucocráticos e quartzitos, nas áreas mais baixas (superfície de erosão pós-Gondwana), e os solos predominantes são Neossolos Litólicos e Cambissolos Háplicos (DALANESI et al., 2004).

O clima da região do PEQRB enquadra-se no tipo Cwb, segundo a classificação de Köppen, clima temperado mesotérmico, com verões brandos e suaves e estiagens de inverno. A temperatura média anual é de 19,3°C, sendo que a do mês mais frio (junho) varia entre 13 e 16°C e a do mês mais quente (janeiro), varia entre 21 e 23°C. A precipitação média anual é de 1.493mm, com chuvas mal distribuídas durante o ano e concentradas no verão. (DALANESI et al., 2004).

A vegetação do parque é muito diversificada (figura 2), pois contém vários tipos de formações vegetais, tais como a formação florestal, representada pela Mata Ciliar ao longo do córrego Vilas Boa e pela Mata de encosta sendo esta uma cobertura vegetal que limita uma área transicional com o Cerrado mais úmido que abriga uma formação candeal que acompanha a borda da mata. Essa formação florestal recebe a denominação de Floresta Estacional Semidecidual. A Mata Ciliar do parque possui um solo mais profundo sendo drenado pelo córrego, já a Mata de encosta do parque, o solo é profundo com drenagem moderada. A formação candeal que ocorre após a área de Mata de Encosta fazendo transição com as formações mais abertas de Cerrado e Campo Rupestre, é caracterizada por possuir árvores de baixo porte (6 a 12m de altura). O nome dessa formação florestal se dá as espécies predominantes que são chamadas de candeia (*Eremanthus erythopappus*, *Eremanthus incanus* e *Eremanthus glomerulathus*). O candeal ocorre, em geral, nos locais onde os solos tornam-se gradualmente mais rasos com drenagem moderada, limitando o desenvolvimento da floresta. O regime de incêndios no candeal é, provavelmente, o fator mais importante na determinação do seu limite para a transição com os campos abertos aonde as árvores vão ficando mais esparsas e proporcionando uma maior penetração de radiação solar que favorece o estrato vegetal herbáceo. A área do candeal pode ser considerada uma área de transição da Mata de Encosta para a área de Cerrado do parque. É muito difícil separar ou distinguir as fisionomias do Cerrado no parque, portanto a classificação da fisionomia vegetal é de Cerrado *stricto sensu*. Esta fitofisionomia é caracterizada por possuir solos com baixa fertilidade, ácidos, bem drenados e com ocorrência de incêndios regulares. Ao passo em que se vai saindo das formações florestais e caminhando para as formações abertas, em maiores altitudes (acima de 900m) ocorre os Campos Rupestres. Esta fisionomia vegetal é caracterizada por ocorrer geralmente em maiores altitudes, com espécies crescendo em afloramentos rochosos, e o solo raso, com baixa fertilidade e baixa retenção hídrica (GAVILANES e BRANDÃO, 1991A; OLIVEIRA-FILHO e FLUMINAHAM-FILHO, 1999; DALANESI et al., 2004).

Figura 2 - Mapa do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito (PEQRB), município de Lavras, MG, mostrando sua situação geográfica, e distribuição da floresta semidecídua, candeal e formações abertas (campo de altitude, campo rupestre e cerrado) no interior do Parque.
 ■ = Floresta Semidecídua; ▨ = Candeal; □ = Formações abertas.

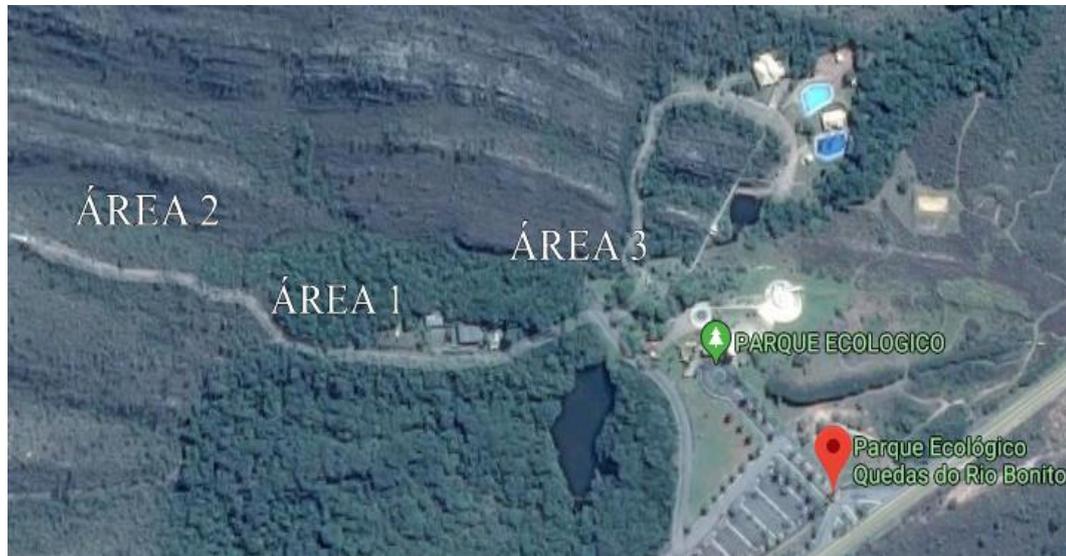


Fonte: Imagem cedida por Dalanesi et al., 2004.

5.2 Obtenção do material vegetal

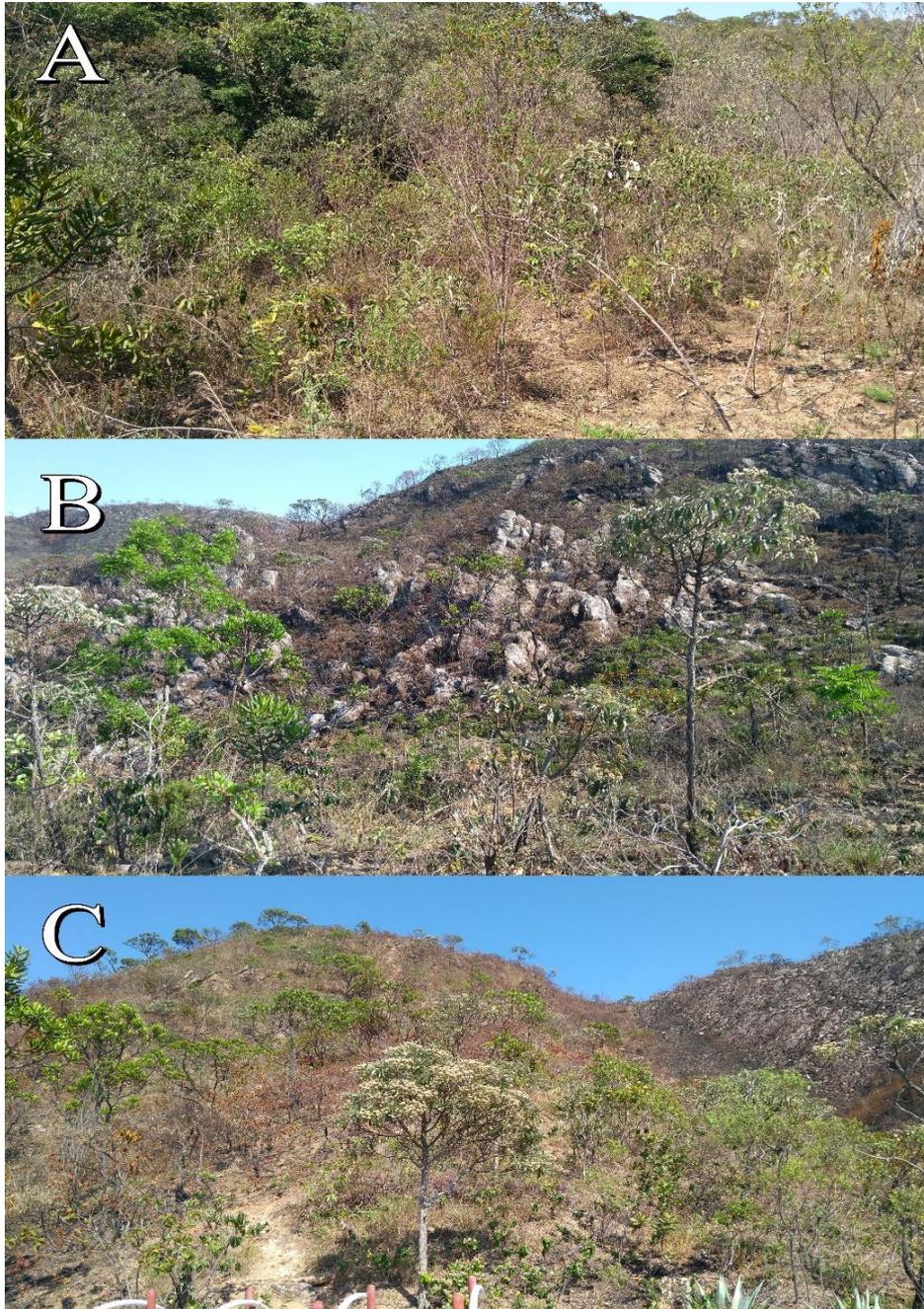
As análises fisiológicas e coleta das folhas de *Eremanthus incanus* ocorreram no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, localizado no município de Lavras-MG. Anteriormente, a espécie estudada foi devidamente identificada, segundo o atual sistema de classificação de angiospermas APG IV (2016). As coletas foram realizadas no período de estação chuvosa no mês de Outubro. As plantas amostradas eram adultas e as coletas foram feitas na face leste da copa aproximadamente no terceiro nó da planta, em três áreas distintas previamente selecionadas, de acordo com a ocorrência e distribuição das espécies. Foi coletado material botânico de dez indivíduos em três áreas de sua ocorrência (dez indivíduos por área): (Área 1) Transição de mata com cerrado, (área 2) área de campo rupestre e (área 3) área de cerrado (figura 3 e 4). O material reprodutivo da espécie em estudo está depositado no Herbário ESAL da UFLA.

Figura 3 - Mapa do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito (PEQRB), município de Lavras, MG, mostrando as três áreas de coleta do material botânico. **Área 1:** Transição Mata – Cerrado; **Área 2:** Campo Rupestre; **Área 3:** Cerrado.



Fonte: Do autor.

Figura 4 – 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. A: Área de Transição Mata – Cerrado; B: Área de Campo Rupestre; C: Área de Cerrado.



Fonte: Do autor.

5.3 Análise das características fisiológicas

As características de trocas gasosas das plantas foram avaliadas em uma folha de dez indivíduos de cada área, considerando as folhas completamente expandidas e livres de ataque de herbívoros, através de analisador de trocas gasosas por infravermelho (IRGA) modelo LI-

6400XT Li-cor, no período da manhã. A densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos foi fixada na câmara de 6 cm² com fonte de luz red-blue LED. Foram avaliadas a condutância estomática (gs), a taxa transpiratória (E), a taxa fotossintética (A), e a concentração intercelular de CO₂ (Ci). Além disso, com os dados obtidos calculou-se a eficiência do uso da água (EUA) pela relação A e E, a eficiência intrínseca do uso da água (EIUA), pela relação entre A e gs, e a eficiência instantânea de carboxilação (Ecarboxi), pela relação entre A e Ci.

O teor de clorofila foi mensurado de modo indireto, utilizando o medidor portátil de clorofila SPAD - Soil Plant Analysis Development.

Além disso, foi realizado a análise da eficiência fotoquímica da fotossíntese, que foi determinada através das características da fluorescência da clorofila *a* que foram obtidas por meio de um fluorímetro de luz modulada MINI-PAN Walz: a fluorescência inicial (F₀), a fluorescência máxima (F_m), o rendimento quântico máximo do fotossistema II (PSII - F_v/F_m), a taxa relativa de transporte de elétrons (ETR), o *quenching* fotoquímico (qP) e o *quenching* não-fotoquímico (qN). As mensurações foram feitas com o auxílio de pinças de metal (DLC-8) acopladas ao sensor MINI-PAM, colocadas na região mediana da folha dos dez indivíduos de cada área, em um dos lados do limbo foliar, evitando-se a nervura central. Antes de cada determinação individual, uma porção da folha foi mantida no escuro, ou seja, permaneceu com a pinça fechada por pelo menos 30 minutos para que todos os centros de reação naquela região da folha tenham adquirido a condição de "abertos" (extintor fotoquímico não-reduzido). As leituras para obtenção das variáveis F₀, F_m e F_v/F_m foram realizadas com pulsos de luz saturante de 0,3 s, para promover o fechamento dos centros de reação do PSII (extintor fotoquímico reduzido), enquanto as variáveis ETR, qP e qN foram determinadas em uma curva de resposta à luz, com fluxo de fótons fotossintéticos (FFF) de 0 a 2291 mmol m⁻² s⁻¹, por um período inferior a dois minutos.

5.4 Área foliar e Área foliar específica

Foram coletadas em campo três folhas por indivíduo, e em laboratório foi avaliado a área foliar com mensuração do somatório das áreas dessas folhas utilizando o software de análise de imagens Image Tool versão 3.0 (UTHSCSA, 2002). Em seguida, o material foi colocado em estufa de circulação forçada a 60 °C até massa constante para, então, ser obtido a massa seca das folhas. Os dados de massa seca das folhas foram obtidos em balança analítica.

5.5 Anatomia foliar

As folhas coletadas foram fixadas em F.A.A. 70% por 72 horas e, posteriormente, conservadas em etanol 70%. As análises anatômicas foram realizadas no laboratório de anatomia vegetal do departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras. Foram selecionadas folhas expandidas, livres de patógenos e herbivoria, sendo realizadas secções paradérmicas e transversais.

Para as secções paradérmicas, foi realizado o processo de dissociação com hipoclorito de sódio (NaClO) (BERSIER e BOCQUET, 1960). Foi feita a raspagem da porção mediana da folha para eliminar o máximo possível de tricomas e selecionados cortes de cada folha para ser colocado no reagente no período de sete dias. Posteriormente, foram separadas a mão com auxílio de pinça as faces adaxial e abaxial da epiderme, e realizada a coloração com Safranina 1% para então ser montado as lâminas com glicerina 50% (KRAUS, ARDUIN; 1997), cobertas com lamínula.

As secções transversais foram obtidas de fragmentos de 2cm² retirados das regiões mediana das folhas, contendo nervura central. Para as análises, o material foi submetido a uma série etanólica crescente para desidratação (70, 80, 90 e 100%), a temperatura ambiente de acordo com Johansen (1940), com modificações. Em seguida o material foi imerso em 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 esse período, prosseguiu-se a infiltração em resina base por mais 24 horas à 4°C. Para a polimerização foi utilizado o kit Historesina (hidroxietilmetacrilato, Leica, Heidelberg). 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 com câmera digital acoplada e as análises foram feitas por meio do software UTHSCSA-Imagetool, versão 3.0, permitindo a medição dos tecidos foliares. Nas secções paradérmicas analisou-se a densidade estomática (DE - número de estômatos/mm²) na face abaxial da epiderme, Nas secções transversais foram analisados na nervura central a área de floema (AFI) , de xilema (AX), número de feixes vasculares (NF) e espessura do colênquima (EC); na região do limbo foliar foram analisados as espessuras da epiderme na face adaxial (EAB) e abaxial (EAB), do parênquima paliçádico (PP), do parênquima esponjoso (PE), do limbo foliar (LF) e da camada de tricomas na face abaxial da epiderme (ET).

5.6 Análises estatísticas

Para a análise estatística foi utilizado R Core Team (2017), onde foi realizada análise de componentes principais (PCA) através do pacote factoextra (Kassambara e Mundt, 2017) para selecionar as variáveis com a maior porcentagem de variância de cada componente. Duas componentes explicaram a maior variância dos dados. Assim, dentro de cada componente pode ser observado a correlação positiva ou negativa das variáveis com a componente e entre si. Foram selecionadas as variáveis de maior correlação (valores mais próximos de 1,00) com as componentes 1 e 2, e um gráfico de Biplot foi gerado para representar as variáveis dentro das componentes. A partir das variáveis com maior correlação foi testada a confiabilidade do modelo, ou seja, o nível de certeza da representação de cada variável dentro da componente, através do teste de \cos^2 (valores próximos de 1,00 significavam maior a confiabilidade do modelo). Desta forma, foram selecionadas as variáveis que atendiam este critério em ambas as componentes. Após aferida a precisão, foi calculada a contribuição de cada variável para a variância da componente.

As variáveis selecionadas na PCA foram submetidas a uma análise de regressão através de modelos lineares generalizados (glm) utilizando o pacote stats (R Core Team, 2017). A regressão utilizou os três ambientes (variável explanatória) e as variáveis anatômicas e fisiológicas (variáveis respostas). Desta forma, foi avaliado o efeito causado pela variável explanatória nas variáveis respostas por meio da ANOVA e teste do Chi-quadrado ($p < 0,05$). Uma vez que foi observado significância na análise de regressão, foram realizados gráficos de barra, com erro padrão comparando os três ambientes. Entre as variáveis que apresentaram variação em função do ambiente foi avaliado o efeito das variáveis entre si. Para isso, foi realizada uma análise de regressão múltipla, onde foi avaliado o efeito causado pelas variáveis anatômicas em variáveis de trocas gasosas. Para análise de regressão múltipla foram utilizados os pacotes MASS (Venables e Ripley, 2002), car (Fox e Weisberg, 2011) e gvlma (Pena e Slate, 2014). Assim, foi testado o efeito causado pelas variáveis anatômicas (explanatória), nas variáveis de trocas gasosas (resposta) através da ANOVA comparando o grau de significância dos coeficientes do modelo ($p < 0,05$). A partir de então, foi realizada uma análise de multicolinearidade, seguida da avaliação dos pressupostos: normalidade (teste de Shapiro-Wilker), homocedasticidade (teste de Breusch-Pagan) e independência (teste de Durbin-Watson) por meio do pacote lmtest (ZEILEIS e HOTHORN, 2002). Desta forma, os modelos que assumiram todos os pressupostos foram comparados através do valor de AIC (quanto menor o valor melhor o modelo) e o melhor modelo utilizado no trabalho.

Todos os códigos do R Core Team (2017) usados neste trabalho serão anexados ao documento final em forma de anexo.

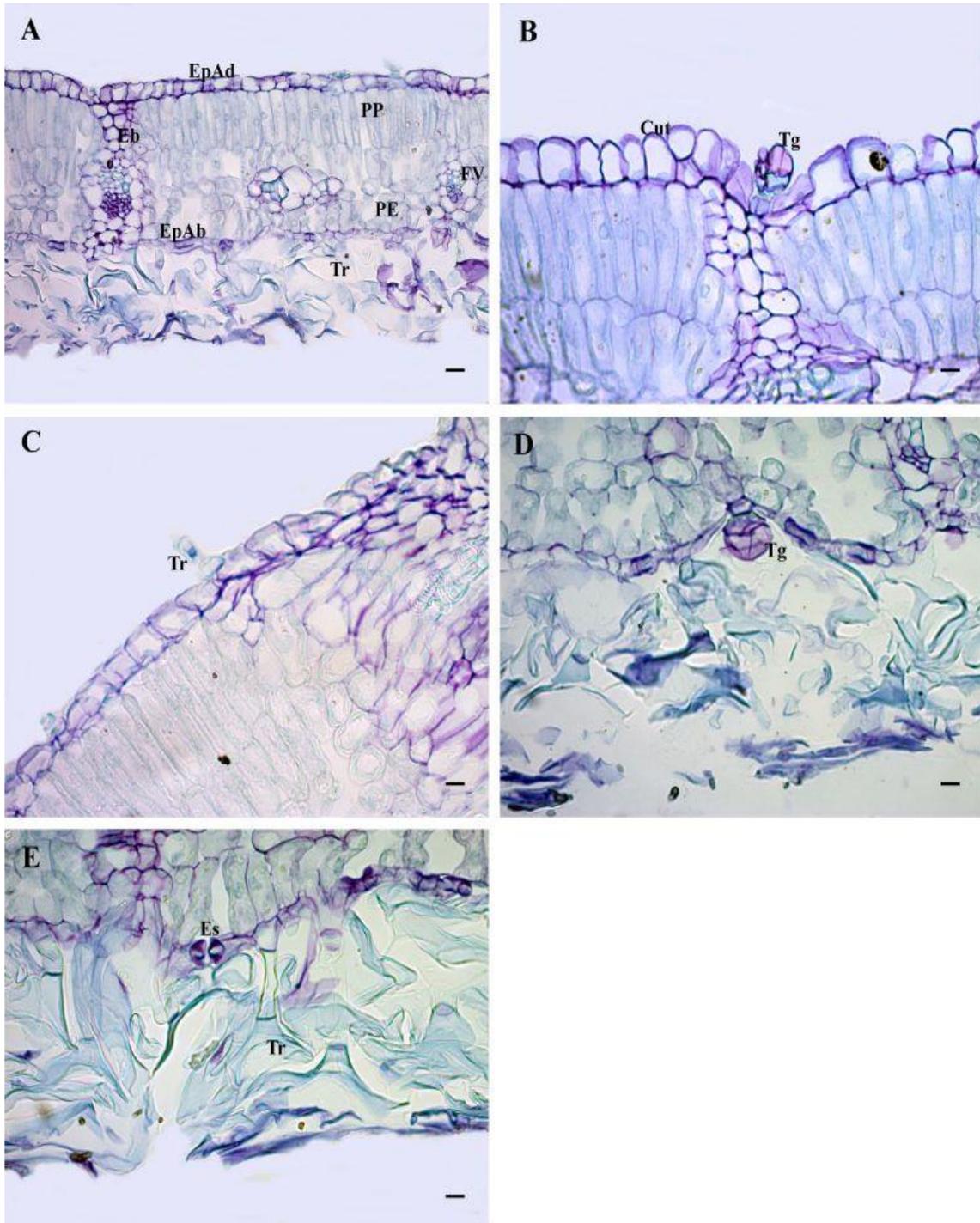
6 RESULTADOS

6.1 Análise qualitativa da anatomia foliar

As folhas de *E. incanus* apresentaram epiderme unisseriada (Figura 5A), com células de formato tabular em vista transversal, sendo revestida externamente em ambas as faces por uma camada de cutícula delgada (Figura 5B). Em vista frontal, a epiderme na face adaxial é formada por células epidérmicas de parede anticlinais retas com formato irregular. Foram encontrados estômatos nas duas faces da folha (Figura 6), podendo ser classificadas como anfiestomáticas, embora a frequência destes tenha sido muito reduzida na face adaxial. A presença de uma espessa e densa camada de tricomas tectores em formato de T (Figura 5E) e glandulares na face abaxial (Figura 5D) dificultou a visualização das células epidérmicas ao redor dos estômatos (Figura 5E). Porém, há indícios de que os estômatos de *E. incanus* deva seguir o padrão dos estômatos de *E. erythroppapus* que foram classificados como maioria anomocíticos e alguns anisocíticos pelo trabalho de Dutra et al. (2010). Por outro lado, na face adaxial foram encontrados também poucos tricomas (Figura 5C), em menor proporção que na face abaxial.

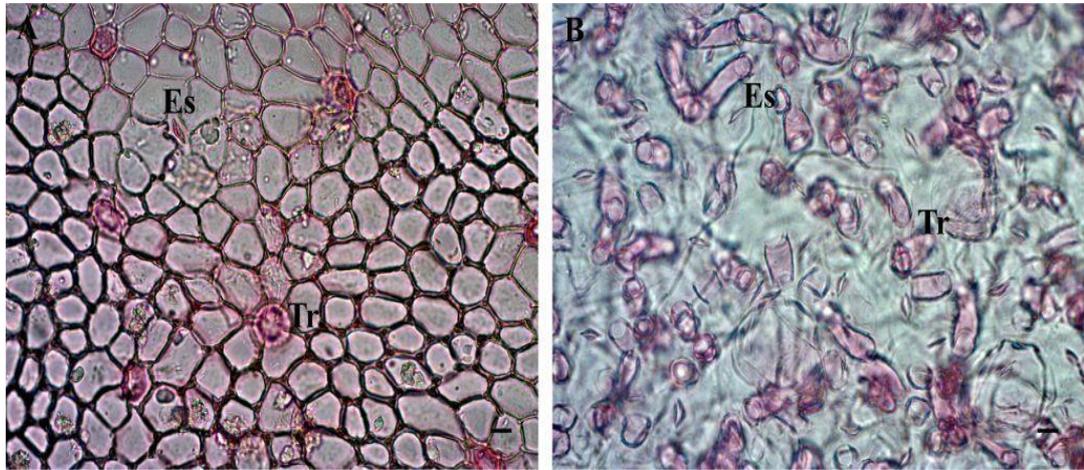
O mesofilo é dorsiventral (Figura 5A) contendo de duas a três camadas de parênquima paliçádico e três a quatro camadas de parênquima esponjoso, porém, possui maior proporção de parênquima paliçádico no mesofilo e poucos espaços intercelulares. Inúmeros feixes vasculares colaterais (Figura 5A) se encontram distribuídos ao longo do mesofilo, próximos à face abaxial da folha e envolvidos por uma bainha de células parenquimáticas (Figura 5A) compactamente arranjadas, havendo uma extensão de células até a camada da epiderme. A nervura central (Figura 7A) é muito protuberante principalmente na face abaxial e possui tricomas em ambas as faces com presença de esclereídeos (Figura 7 B e C) e cristais de oxalato (Figura 7D) dispersos entre as células de parênquima fundamental (Figura 7A) e de colênquima (quatro a seis camadas) (Fig. 7 B) do tipo angular abaixo da epiderme nas faces abaxial e adaxial. O sistema vascular é formado por feixes (quatro a oitos feixes) do tipo colateral aberto (Figura 7A).

Figura 5 – Secções transversais da folha de *E. incanus*, coletadas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG. **A:** Secção do mesofilo; **B:** Secção do mesofilo detalhando a epiderme com a cutícula; **C:** Face adaxial detalhando o tricoma adaxial; **D:** Face abaxial detalhando os tricomas; **E:** Face abaxial detalhando a epiderme e os tricomas. EpAd = Epiderme adaxial; EpAb = Epiderme abaxial; Eb = Células da bainha; Cut = Cutícula; Tr = Tricoma tector; Tg = Tricoma glandular; PP = Parênquima paliçádico; PE = Parênquima esponjoso; FV = Feixe vascular; Es = Estômato.



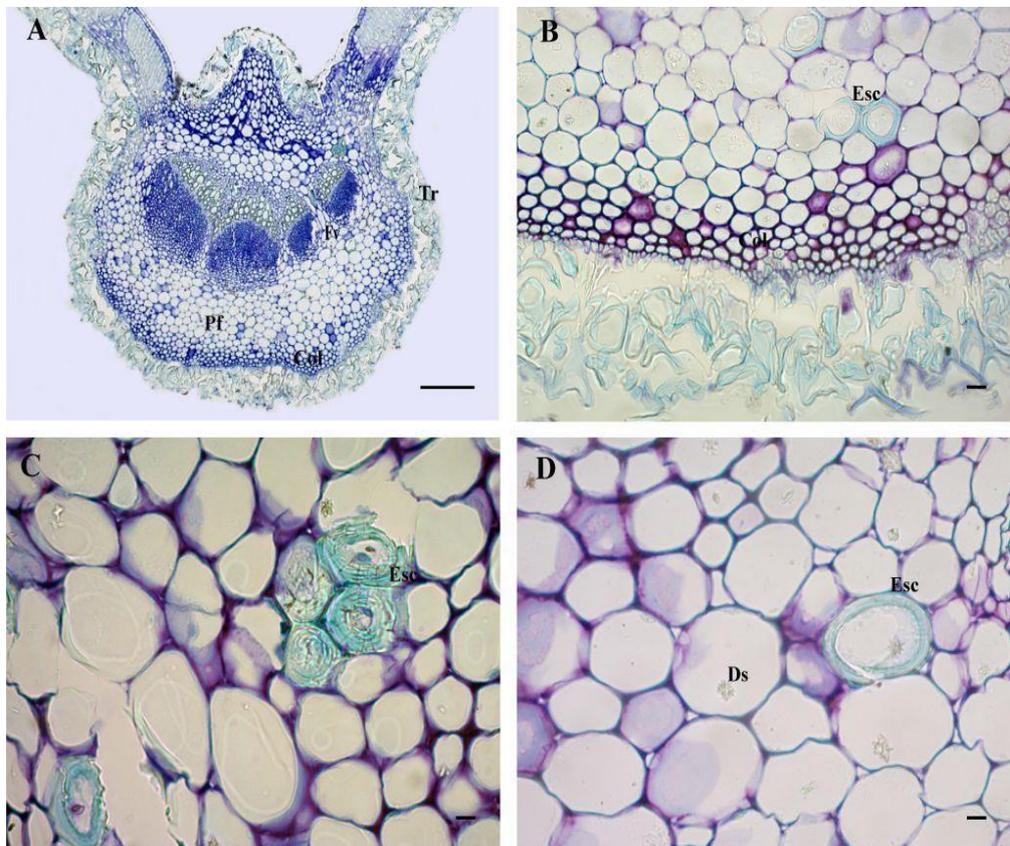
Fonte: Do autor.

Figura 6 – Secções paradérmicas da folha de *E. incanus*, coletadas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG. **A**: Face adaxial da epiderme; **B**: Face abaxial da epiderme. Es = Estômato; Tr = Tricoma.



Fonte: Do autor.

Figura 7 – Secções transversais da nervura da folha de *E. incanus*, coletadas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG. **A**: Secção da nervura central; **B**: Secção da nervura detalhando o colênquima; **C**: Secção da nervura detalhando os esclereídeos; **D**: Secção da nervura detalhando esclereídeo e cristal de oxalato. Pf = Parênquima fundamental; Col = Colênquima; Esc = Esclereídeo; Tr = Tricoma; Ds = Drusas (Cristal de oxalato); FV = Feixe vascular.



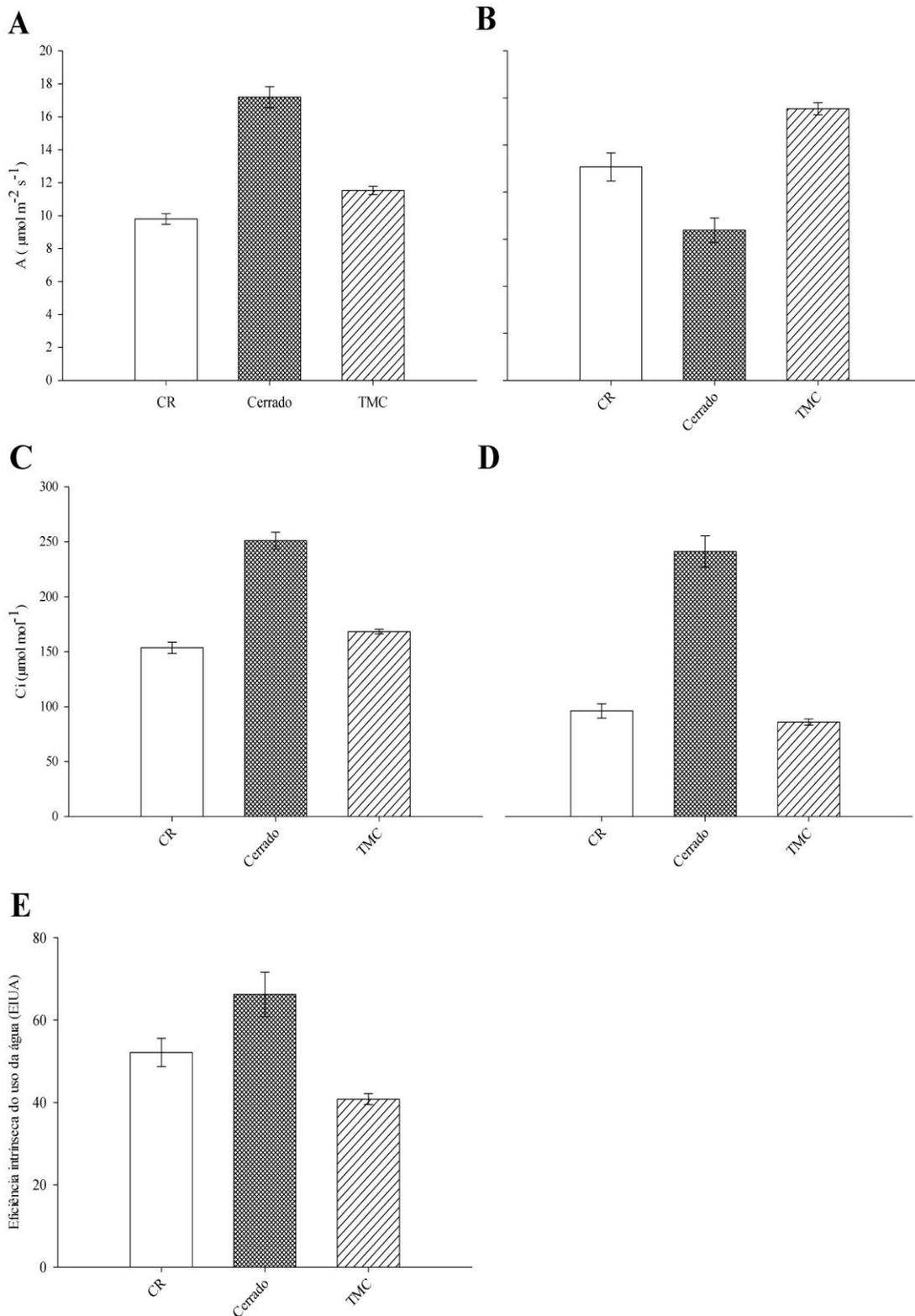
Fonte: Do autor

6.2 Análise de trocas gasosas e de anatomia foliar quantitativa

A análise de componentes principais (PCA) selecionou as variáveis que possui maior porcentagem de variância de cada componente e posteriormente foi testada a confiabilidade de cada variável. Algumas variáveis como a mensuração da área foliar, massa seca da folha, densidade estomática, mesofilo, nervura central e do sistema vascular, não obtiveram porcentagem significativa dentro da componente, portanto essas variáveis não se diferiram, significativamente entre as três áreas amostradas.

Houve variações em algumas características fisiológicas nas folhas em função das diferentes áreas analisadas como mostrado nos gráficos da figura 8. Na área de Cerrado (C) a eficiência no uso da água (EUA), a eficiência intrínseca no uso da água (EIUA), a concentração intercelular de CO_2 (C_i) e a taxa fotossintética (A) das plantas foram maiores que nos outros dois ambientes. A taxa de transpiração das plantas, pelo contrário, se mostrou maior nas áreas de Campo Rupestre (CR) e principalmente na área de transição Mata-Cerrado (TMC).

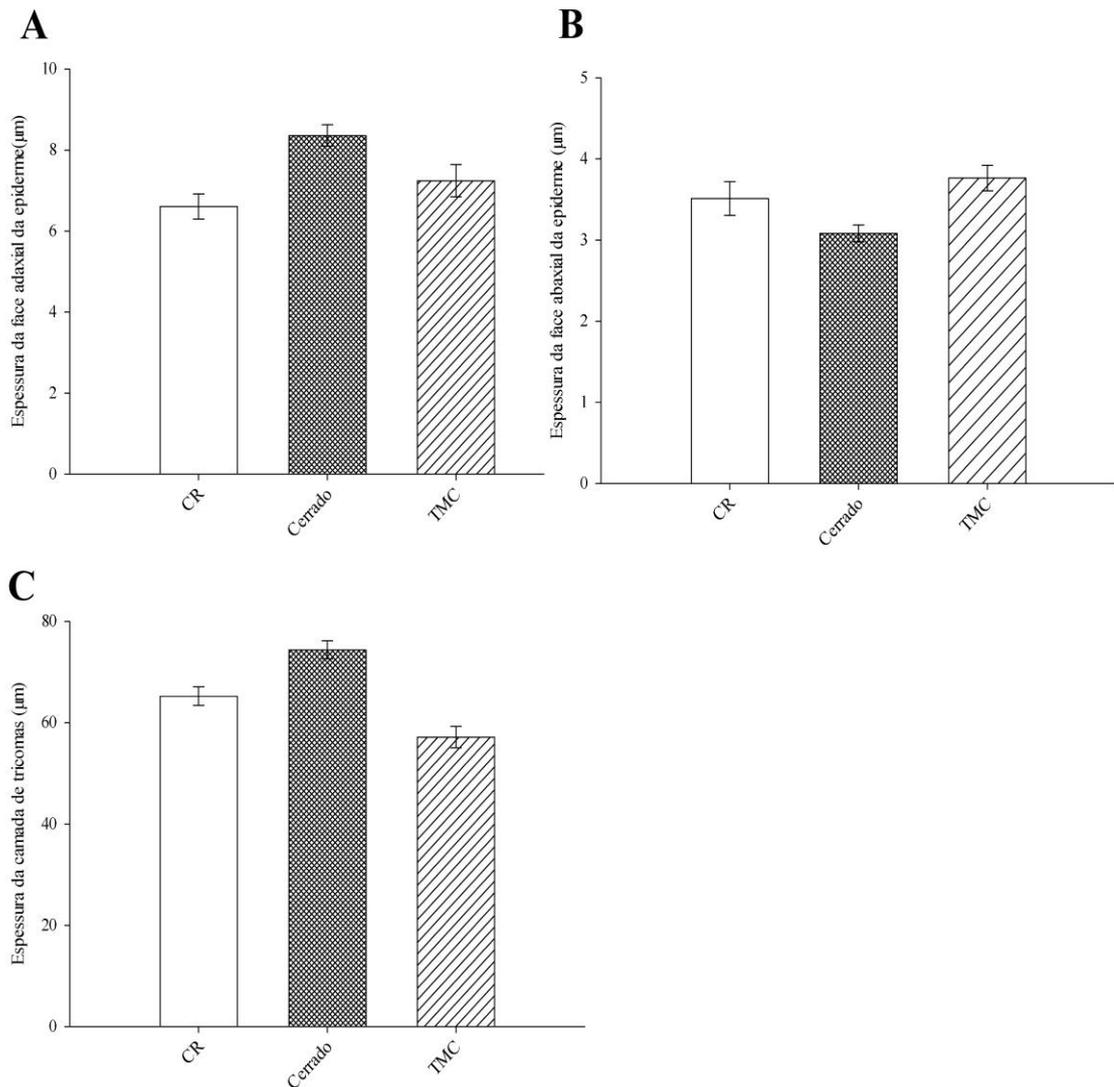
Figura 8 – Gráficos das variações fisiológicas da folha de *E. incanus*, coletadas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG. CR = Campo Rupestre; C = Cerrado; TMC = Transição Mata – Cerrado; A = Fotossíntese; E = Transpiração; C_i = Concentração intercelular de CO_2 ; EUA = Eficiência do uso da água; EIUA = Eficiência intrínseca do uso da água. Barras: Erro padrão.



Fonte: Do autor.

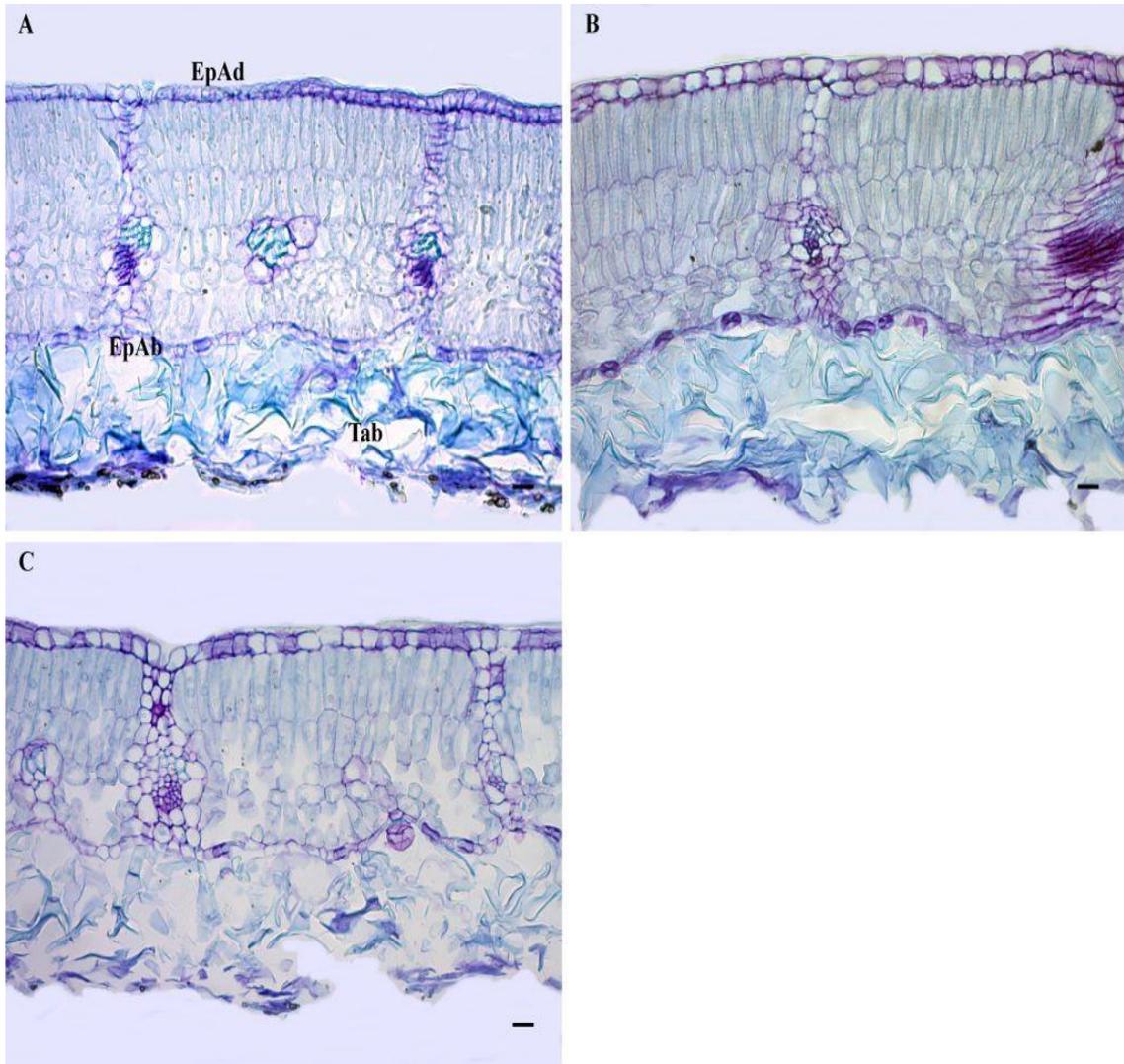
A anatomia foliar de *E. incanus* também apresentou variação em relação as três áreas de estudo como mostrado nos gráficos da figura 9 e nas imagens da figura 10. A espessura da epiderme na face adaxial e da região de tricomas na face abaxial foram maiores nas folhas da área TCCR em comparação com as outras duas áreas. Por outro lado, a espessura da epiderme na face abaxial foi menor na área de TCCR do que nas áreas de CR e TMC.

Figura 9 – Gráficos das variações fisiológicas da folha de *E. incanus*, coletadas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG. CR = Campo Rupestre; C = Cerrado; TMC = Transição Mata – Cerrado. Barras: erro padrão.



Fonte: Do autor.

Figura 10 – Secções transversais da lâmina foliar de *E. incanus*, coletadas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG. **A**: Área de transição Mata-Cerrado; **B**: Área de Campo Rupestre; **C**: Área de Cerrado. EpAd = Epiderme Adaxial; EpAb = Epiderme Abaxial; Tab = Tricomas abaxiais.



Fonte: Do autor.

Com base na análise de regressão múltipla foi possível determinar a correlação das variáveis anatômicas e das variáveis de trocas gasosas (Anexo). Por meio dos modelos testados (tabela 1 e 2) observou-se que a variável anatômica espessura da epiderme na face adaxial e espessura da região dos tricomas tiveram uma relação negativa com a taxa de transpiração das plantas, ou seja, à medida que se tem uma maior espessura da epiderme adaxial e da camada de tricomas, se tem então uma redução na taxa transpiratória das plantas. A variável EUA mostrou uma relação positiva com as variáveis anatômicas mencionadas anteriormente, com isso, quanto maior a espessura da epiderme da face adaxial e da região dos tricomas, maior é a eficiência no uso da água pelas plantas. Já a espessura da epiderme da

face abaxial obteve uma relação negativa com a EUA, ou seja, quanto menor a espessura da epiderme na face abaxial, maior será a eficiência do uso da água pelas plantas. A variável C_i (concentração intercelular de CO_2) teve uma relação positiva com a epiderme da face adaxial e os tricomas, ou seja, quanto maior a espessura da epiderme e a região dos tricomas, maior será a concentração intercelular de CO_2 nas plantas.

Tabela 1 – Análise de regressão múltipla com todas variáveis testadas e os resultados com o melhor modelo proposto.

	SW (p-value)	BP (p-value)	DW (p-value)	AIC	R ²	R ² adj	ANOVA (p-value)
Modelo 1	0.27	0.41	0.16	-4.29	0.57	0.53	2.50E-05
Modelo 2	0.38	0.81	0.28	7.11	0.69	0.66	1.31E-05
Modelo 3	0.1	0.2	0.07	214	0.5	0.47	7.60E-05

Fonte: Do autor.

Tabela 2 – Análise de regressão múltipla com os modelos propostos.

Modelo 1: $Transpiração = -0.30 * Espessura Epiderme Adaxial + -0.09 * Espessura região dos tricomas + 12.69$

Modelo 2: $EUA = 0.62 * Espessura Epiderme Adaxial + -0.86 * Espessura da epiderme Abaxial + 0.09 * Espessura região dos tricomas$

Modelo 3: $C_i = 15.64 * Espessura Epiderme Adaxial + 2.57 * Espessura região dos tricomas$

Fonte: Do autor.

7 DISCUSSÃO

Em relação à análise qualitativa da anatomia, as folhas de *E. incanus* apresentaram um padrão estrutural muito parecido com as folhas de *E. erythroppapus* do trabalho de Dutra et al. (2010). Isto comprova que a anatomia foliar de *E. incanus* está de acordo com o Gênero desta espécie, como a presença de epiderme unisseriada, mesofilo dorsiventral e folhas anfiestomáticas. Essas mesmas características anatômicas foram constatadas também para *Lessingianthus buddleiifolius*, espécie da tribo de *E. incanus* (SANTOS, 2013).

E. incanus é uma espécie que ocorre com grande frequência nos Cerrados e Caatingas do Brasil (REFLORA, 2018). As espécies de cerrados geralmente apresentam uma estruturação anatômica de adaptação à ambiente de clima seco como possuir epiderme adaxial com camada espessa de cutícula, grande quantidade de tricomas de diversos tipos em uma ou nas duas faces da folha, presença significativa de elementos mecânicos como colênquima e esclerênquima, entre outras características (MORRETES, 1966; BIERAS, 2006). Algumas destas características anatômicas como elementos mecânicos (colênquima e esclerênquima) e grande quantidade de pilosidade que foram constatadas nas folhas de *E. incanus*, geralmente estão relacionadas à transpiração das plantas de cerrado, o que confere a estas uma adaptação às condições climáticas e ambientais como a alta temperatura proveniente de constante radiação solar, pouca disponibilidade hídrica no solo, etc. (MORRETES e FERRI, 1959; MORRETES, 1966; ZAMAN e PADMESH, 2009).

As características anatômicas de espécies de cerrado podem ser consideradas como escleromorfismo segundo Morretes (1966), cuja estruturação interna adaptada ao ambiente seco, pode ser classificada como escleromorfismo oligotrófico devido às características edáficas como a deficiência de nutrientes no solo, ou escleromorfismo xérico devido a escassez de água no solo em determinados períodos e maiores temperaturas proveniente da radiação solar incidente.

A presença de certas estruturas adaptativas ao Cerrado como a pilosidade e esclerificação também foram apresentados no trabalho de Somavilla e Graciano-Ribeiro (2011), que ao estudarem algumas espécies de Melastomataceae de Cerrado e veredas, foram constatados nestas espécies a presença dessas estruturas, e embora as espécies estudadas ocorram em ambiente com disponibilidade de água no solo, a radiação solar direta e outros fatores, possibilitam o aumento da perda de água das plantas para a atmosfera pelo processo de transpiração.

Em relação às variações entre os diferentes ambientes, a frequência e intensidade de radiação solar, são fatores importantes que podem modificar a estrutura foliar e o metabolismo das plantas, diferenciando-as anatomicamente de outras plantas como as de sombra, por exemplo, (ROSSATTO et al., 2009). *E. incanus*, por ser uma espécie heliófila, está sempre condicionada a exposição de luz solar. Os indivíduos da área de Cerrado estão mais expostos à radiação solar do que os indivíduos das outras duas áreas, isto se dá pelo fato dessa área estar situada na subida de uma montanha que recebe constante radiação solar, além disso, esta área possui recurso hídrico limitado devido à lixiviação da água no solo.

Alguns fatores edáficos como a disponibilidade hídrica no solo, também é um aspecto importante para a sobrevivência e manutenção do metabolismo das plantas (RIZZINI 1963, HERINGER et al. 1977). Os Cerrados possuem pouca disponibilidade de água no solo e os Campos Rupestres geralmente possuem baixa retenção hídrica no solo, devido à topografia de ocorrência dessas áreas em relação aos rios e córregos (FELFILI et al., 2004).

A redução da epiderme na face abaxial, o aumento da epiderme na face adaxial e o aumento da região de tricomas que apresentaram os indivíduos da área de Cerrado, tem uma relação direta com a sua resposta fisiológica, pois, estes indivíduos apresentaram maior eficiência do uso da água (EUA), maior eficiência intrínseca do uso da água (EIUA) e menor taxa transpiratória, a fim de otimizar a água interna do corpo da planta, devido à pouca disponibilidade de água no solo nesta área, e teve também uma maior assimilação de CO₂ (Ci), otimizando a abertura do poro estomático e permitindo a manutenção da taxa fotossintética. A redução da epiderme na face abaxial provavelmente se deve a maior espessura da região dos tricomas, pois, se há a necessidade de maximizar o máximo de água possível devido à escassez hídrica e o aumento da temperatura proveniente da radiação solar, é mais vantajoso para a planta investir em tricomas na folha para minimizar a transpiração, do que investir em volume celular da epiderme.

A grande quantidade de tricomas apresentado nas folhas dos indivíduos da área de cerrado permite a formação de um microclima para a epiderme foliar onde se tem uma grande quantidade de estômatos. A água na forma gasosa proveniente da transpiração da planta fica acumulada nos tricomas, proporcionando essa formação de microclima para evitar o máximo possível o contato externo da folha, que possui uma maior temperatura devido à intensa radiação solar. Dessa forma a planta tende evitar a transpiração excessiva e conservar o máximo possível de água no corpo da planta devido a pouca disponibilidade hídrica no solo.

Alguns trabalhos como os de Rossatto et al. (2009) e Gavilanes et al. (2016), também constataram a presença de grande quantidade de tricomas nas folhas de espécies de Cerrado,

essa estruturação anatômica confere as espécies desse bioma uma adaptação as altas temperaturas e pouca disponibilidade de água no solo, possibilitando que estas conservem o máximo possível de água, a fim de evitar a transpiração

Na área TMC os indivíduos apresentaram menor espessura da epiderme adaxial e menor região de tricomas abaxiais em comparação com os indivíduos das outras duas áreas, e tiveram como resposta fisiológica, menor eficiência do uso da água (EUA), menor eficiência intrínseca do uso da água (EIUA), e teve maior taxa transpiratória, isso devido a estes indivíduos estarem em um ambiente com maior disponibilidade hídrica no solo, em razão desta área estar mais próximas ao córrego Vilas Boas.

De acordo com Gianoli e Gonzalez-Teuber (2005), pode haver variação na densidade de tricomas em folhas de espécies de Cerrado crescendo em diferentes graus de disponibilidade de água no solo. O trabalho de Rossatto (2008), por exemplo, mostrou que em espécies de mata geralmente se tem uma pequena quantidade de tricomas nas folhas, em contrapartida, espécies de cerrado apresentam com mais frequência uma maior quantidade de tricomas nas folhas, para reduzir a temperatura foliar e minimizar a perda de água para a atmosfera.

De uma forma geral, as espécies de Cerrado principalmente de formações abertas e rupícolas vivem em condições precárias de água no solo (SILVA e DILLENBURG, 2007), submetendo-as a uma série de modificações anatômicas e fisiológicas para sobreviverem em condições hídricas desfavoráveis (FRANCO 1998; OLIVEIRA et al., 2003; PRADO et al., 2004; SCARANO et al., 2016). Os mecanismos adaptativos das plantas de Cerrado revelam sua grande plasticidade para se perpetuarem em diferentes ambientes com condições ambientais adversas.

8 CONCLUSÃO

As modificações anatômicas como a maior espessura da epiderme na face adaxial e maior quantidade de tricomas, podem representar uma adaptação que vai favorecer uma maior assimilação de CO₂, maior eficiência no uso da água, e menor transpiração da folha de *E. incanus* em condições ambientais adversas como a elevada temperatura proveniente da radiação solar e a pouca disponibilidade de água no solo.

O estudo e o conhecimento das modificações estruturais e fisiológicas de *E. incanus* mostra que essa espécie possui uma plasticidade para se adaptar aos diferentes ambientes em que esta ocorre e as variações destes ambientes, e pode servir de subsídio para auxiliar em estratégias de conservação desta espécie.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, C. O., e VAN DEN BERG, C. **Análise comparativa de áreas de campo rupestre da Cadeia do Espinhaço (Bahia e Minas Gerais, Brasil) baseada em espécies de Orchidaceae.** *Sitientibus série ciências biológicas*, 7, 199-210, 2007.
- BENITES, V. de M.; CAIAFA, A. N.; MENDONÇA, E. de S.; SCHAEFER, C. E.; KER, J. **C. Solos e vegetação nos complexos rupestres de altitude da Mantiqueira e do espinhaço.** *Floresta e Ambiente*, V. 10, n.1, p.76 - 85, jan./jul, 2003.
- BERSIER, J. D., e BOCQUET, G. **Les méthodes d'éclaircissement en vascularisation et en morphogénie végétales comparées.** *Arch. Sci., Geneve*, 13, 555-66, 1960.
- BIERAS, A. C. **Morfologia e anatomia foliar de dicotiledôneas arbóreo-arbustivas do Cerrado de São Paulo, Brasil, 2006.**
- BORGES, C. L. **Cerrado: extração da flora nativa para fins ornamentais e medicinais e o desenvolvimento sustentável.** Centro Universitário de Brasília Faculdade de Ciências da Saúde, Brasília-DF, 2002.
- BRADSHAW, A. D. **Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants.** *Advances in Genetics*, v. 13, p. 115-155, 1965.
- BYNG, J. W., CHASE, M. W., CHRISTENHUSZ, M. J., FAV, M. F., JUDD, W. S., MABBERLEY, D. J. e BRIGGS, B. **An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV.** *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181(1), 1-20, 2016.
- CONCEIÇÃO, A. A., e GIULIETTI, A. M. **Composição florística e aspectos estruturais de campo rupestre em dois platôs do Morro do Pai Inácio, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil.** *Hoehnea*, 29(1), 37-48, 2002.
- CONCEIÇÃO, A. A., e PIRANI, J. R. **Diversidade em quatro áreas de campos rupestres na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil: espécies distintas, mas riquezas similares.** *Rodriguésia*, 193-206, 2007.
- 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. **Contribuição ao estudo da anatomia das folhas de plantas do cerrado II.** Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo. Botânica, p. 207-244, 1966.
- 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.

- DEMATTEIS, M. **Taxonomic notes on the genus *Chrysolaena* (Vernonieae, Asteraceae), including a new species endemic to Paraguay.** *Annales Botanici Fennici*, Finlândia, v. 44, n.1, p. 56-64, 2007.
- DUTRA, R. C., FERRAZ, S. O., PIMENTA, D. S. e SOUSA, O. V. **Caracterização morfoanatômica das folhas de *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeisch, Asteraceae.** *Rev Bras Farmacogn*, 20, 818-824, 2010.
- 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.
- FELFILI, J. M., e FAGG, C. W. **Floristic composition, diversity and structure of the "cerrado" sensu stricto on rocky soils in northern Goiás and southern Tocantins, Brazil.** *Brazilian Journal of Botany*, 30(3), 375-385, 2007.
- FOX, JOHN; WEISBERG, SANFORD. **An R companion to applied regression.** Sage Publications, 2011.
- FRANCO, A. C. **Seasonal patterns of gas exchange, water relations and growth of *Roupala montana*, an evergreen savanna species.** *Plant Ecology*, 136(1), 69-76, 1998.
- FUNK, V. A., SUSANNA, A., STUESSY, T. F., e ROBINSON, H. **Classification of compositae.** *Systematics, evolution, and biogeography of Compositae*, 171-192, 2009.
- GASTAUER, M., MESSIAS, M. C. T. B., NETO, M., e ALVES, J. A. **Floristic composition, species richness and diversity of Campo Rupestre vegetation from the Itacolomi State Park, Minas Gerais, Brazil,** 2012.
- 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.
- GAVILANES, M. L.; BRANDÃO, M. **Flora da Reserva Biológica Municipal do Poço Bonito, Lavras, MG. II - Formação Campo Rupestre.** *Daphne*, Stockholm, v. 2, p. 7-18, 1991B.
- GAVILANES, M. L., BRANDÃO, M., OLIVEIRA-FILHO, A. T., ALMEIDA, R. J., MELLO, J. M.; AVEZUM, F. F. **Flora da Reserva Biológica Municipal do Poço Bonito, Lavras, MG. III - formação florestal.** *Daphne*, Stockholm, v. 2, p. 14-26, Belo Horizonte, Abril, 1992.
- 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.
- GIANOLI, ERNESTO; GONZÁLEZ-TEUBER, MARCIA. **Environmental heterogeneity and population differentiation in plasticity to drought in *Convolvulus chilensis* (Convolvulaceae).** *Evolutionary Ecology*, v. 19, n. 6, p. 603-613, 2005.

HERINGER, E.P.; BARROSO, G.M.; RIZZO, J.A.; RIZZINI, C.T. (1977). **A Flora do Cerrado**. In: SIMPÓSIO SOBRE CERRADO, 6. Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: Ed. Itatiaia, p.211-232, 1977.

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

JUNIOR, M. S., MACHADO, E. L. M., PEREIRA, I. M. e MOTA, S. D. L. L. **Distribuição espacial de *Eremanthus incanus* (Less.) Less.(Asteraceae) em duas áreas com diferentes níveis de conservação**. Revista Brasileira de Biociências, 15(1), 2017.

KASSAMBARA, A.; MUNDT, F. Package ‘factoextra,’. **R topics documented**, p. 75, 2017.

KEELEY, S.C. e ROBINSON, H. Vernonieae. In: FUNK, V.A., eds. **Systematics, Evolution, and Biogeography of Compositae**. Austria: IAPT, p. 439-469, 2009.

KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Seropédica: EDUR, 1997.

REFLORA. Lista de Espécies da Flora do Brasil. 2018. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em 9 de Janeiro de 2018.

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.

NAKAJIMA, J.N. e SEMIR, J. **Asteraceae do Parque Nacional da Serra da Canastra, Minas Gerais, Brasil**. Revista Brasileira de Botânica, 24: 471-478, 2001.

NETO, R. N. **As paisagens quartzíticas do planalto do alto rio Grande: Relações entre rocha-relevo-solo-vegetação na Serra de Carrancas (MG)**. Caminhos de Geografia, v. 13, n. 41, p. 263–281, 2012.

OLIVEIRA, A. F., MEIRELLES, S. T. e SALATINO, A. **Epicuticular waxes from caatinga and cerrado species and their efficiency against water loss**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 75(4), 431-439, 2003.

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.

PENA, EDSEL A.; SLATE, ELIZABETH, H. **Global validation of linear models assumptions**. R package version, v. 1, n. 0.2, 2014.

PÉREZ, J.F.M. **Sistema de manejo para candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish)**. Lavras: UFLA, (2001). 71p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras, Lavras.

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

PRADO, C. H. B. D. A., WENHUI, Z., CARDOZA ROJAS, M. H., e SOUZA, G. M. **Seasonal leaf gas exchange and water potential in a woody cerrado species community.** Brazilian Journal of Plant Physiology, 16(1), 7-16, 2004.

RAPINI, A.; RIBEIRO, P. A.; LAMBERT, S.; PIRANI, J. R. **A flora dos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço.** Mega diversidade, volume 4 , Nº 1-2 Dez., 2008.

RAVEN, P. H. **Biologia vegetal.** 6º Ed. Guanabara Koogan: Rio de Janeiro. 906 pp., 2001.

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, K. T., e FREITAS, L. **Impactos potenciais das alterações no Código Florestal sobre a vegetação de campos rupestres e campos de altitude/Potential impacts of changes to Brazilian Forest Code in campos rupestres and campos de altitude.** Biota Neotropica, 10(4), 239, 2010.

RIBEIRO, A. O.; SILVA, A. F.; CASTRO, A. H. F. **Identificação de espécies da família Asteraceae, revisão sobre usos e triagem fitoquímica do gênero Eremanthus da Reserva Boqueirão, Ingaí-MG.** Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, v. 12, n. 4, p. 456-465, 2010.

RIZZINI, C. T. **Nota prévia sobre a divisão fitogeográfica do Brasil.** Revista Brasil. Geogr. 25: pág. 3 – 64, (1963).

ROBINSON, H. **Generic and subtribal classification of American Vernoniae.** Smithsonian Contributions to Botany, Washington, n.89, p. 1-116, 1999.

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

ROSSATTO, DAVI RODRIGO. **Padrões anatômicos, fenológicos, fotossintéticos e de crescimento em espécies arbóreas do cerrado sensu stricto e de mata de galeria.** Dissertação de mestrado do curso de Botânica da Universidade de Brasília UnB. Fevereiro de 2008, pág. 85.

ROSSATTO, D. R.; HOFFMANN, W. A., e FRANCO, A. C. (2009). **Características estomáticas de pares concêntricos de cerrado e mata de galeria crescendo numa região transicional no Brasil Central.** Acta bot. bras. 24(3): 640-647. Dez. 2009.

SANTOS, V. S. D. **Morfoanatomia dos órgãos vegetativos de Chrysoleaena simplex (Less) Dematt. E Lessingianthus buddleiifolius (Mart. ex DC.) H. Rob. (Asteraceae) em ambientes rupestres da Serra Dourada, Goiás.** Dissertação apresentada ao Programa de Biodiversidade Vegetal da Universidade Federal de Goiás para a obtenção do título de Mestre, pág. 33. 2013.

- SCARANO, F. R., DE MATTOS, E. A., FRANCO, A. C., CAVALIN, P. O., ORTHEN, B., FERNANDES, G. W. e LUTTGE, U. **Features of CAM-cycling expressed in the dry season by terrestrial and epiphytic plants of *Clusia arrudae* Planchon e *Triana* in two rupestrian savannas of southeastern Brazil in comparison to the C 3-species *Eremanthus glomerulatus* Less.** *Trees*, 30(3), 913-922, 2016.
- SCHLICHTING, C. D.; SMITH, H. **Phenotypic plasticity: linking molecular mechanisms with evolutionary outcomes.** *Evolutionary Ecology*, n.3, v.16, p. 189-211, 2002.
- SILVA, L. G. R. D., e DILLENBURG, L. R. **Water relations of tree species growing on a rock outcrop in the " Parque Estadual de Itapuã", RS.** *Brazilian Journal of Botany*, 30(4), 703-711, 2007.
- SILVA, MARIA PESSOA; BARBOSA, FELIPE SOUSA QUEIROZ; DE BARROS, ROSELI FARIAS MELO. **Estudo taxonômico e etnobotânico sobre a família Asteraceae (Dumortier) em uma comunidade rural no Nordeste do Brasil.** *Gaia Scientia*, v. 8, n. 2, 2014.
- SOARES, P. N. **Taxonomia de *Acilepdopsis*, *Chrysolaena*, *Echynocoryne*, *Stenocephalum* e *Vernonanthura* (Vernonieae, Asteraceae) de Minas Gerais, Brasil.** Dissertação de Mestrado da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2012.
- SOMAVILLA, N. S. e RIBEIRO, D. G. **Análise comparativa da anatomia foliar de Melastomataceae em ambiente de vereda e cerrado sensu stricto.** *Acta Botanica Brasilica* 25(4): 764-775. Ago. de 2011.
- TEAM, R. Core. R: **A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2016. 2017.
- VALLADARES, F., CHICO, J., ARANDA, I., BALAGUER, L., DIZENGREMEL, P., MANRIQUE, E., e DREVER, E. **The greater seedling high-light tolerance of *Quercus robur* over *Fagus sylvatica* is linked to a greater physiological plasticity.** *Trees*, 16(6), 395-403, 2002.
- VALLADARES, F., MARTINEZ-FERRI, E., BALAGUER, L., PEREZ-CORONA, E. e MANRIQUE, E. **Low leaf-level response to light and nutrients in Mediterranean evergreen oaks: a conservative resource-use strategy?.** *The New Phytologist*, 148(1), 79-91, 2000.
- VASCONCELOS, M. F. DE. **O que são campos rupestres e campos de altitude nos topos de montanha do leste do Brasil?** *Brazilian Journal of Botany*, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 241–246, 2011.
- VENABLES, W. N.; RIPLEY, B. D. **Random and mixed effects.** In: *Modern applied statistics with S.* Springer, New York, NY, p. 271-300, 2002.
- ZAMAN, S.; PADMESH, S. **Leaf anatomical adaptations of selected Kuwait's native desert plants.** *European Journal of Scientific Research*, v. 37, n. 2, p. 261-268, 2009.

ZEILEIS, ACHIM; HOTHORN, TORSTEN. **Diagnostic checking in regression relationships**. Zeileis, Achim, and Torsten Hothorn. "Diagnostic checking in regression relationships. R News 2 (3): 7–10." Available at (accessed December 2017). [http://CRAN.R-project.org/doc/Rnews/\(http://CRAN.R-project.org/doc/Rnews/\)](http://CRAN.R-project.org/doc/Rnews/(http://CRAN.R-project.org/doc/Rnews/)), 2002.

WEST-EBERHARD, M. J. **Developmental plasticity and evolution**. Oxford Univ. Press, Oxford, U.K., 2003.

WILCOX, C. D., DOVE, S. B., MCDAVID, W. D. e GREER, D. B. (2002). **UTHSCSA Image tool**. IT Version, 3.

ANEXOS

Anexo 1 - Análise de componentes principais

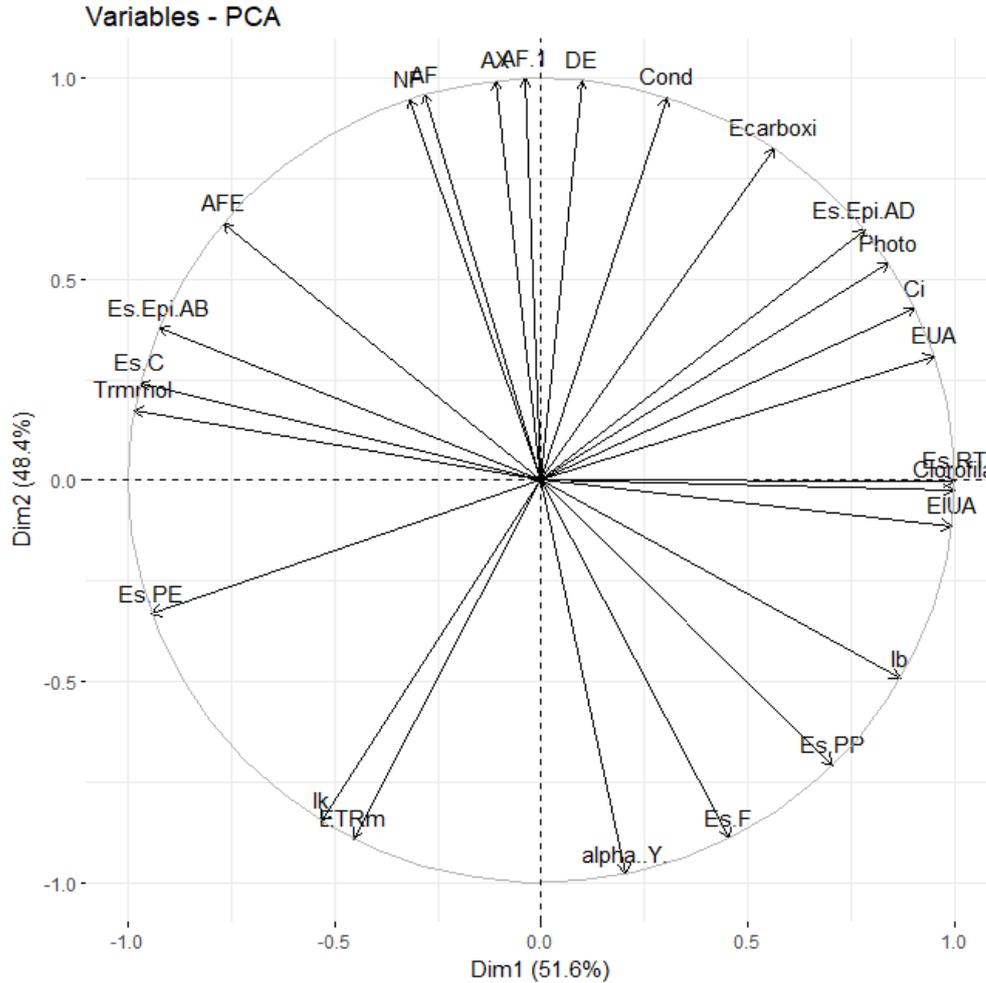
Foi realizada uma análise de componentes principais (PCA). Este quadro com os *eigenvalue* mostra a porcentagem de variância de cada componente. Sendo que, a componente é uma variável criada pela junção das diversas variáveis que foram medidas.

eigenvalue percentage of variance		
comp 1	12.88993	51.55974
comp 2	12.11007	48.44026

Dentro de cada componente as variáveis possuem uma correlação positiva ou negativa, que indica o seguinte: À medida que o valor de correlação da variável aproximasse de 1.00 mais correlacionadas ela está com a componente, sendo que, o sinal positivo indica um aumento de valor da variável com o maior valor da componente, enquanto o sinal negativo indica uma redução do valor da variável com o maior valor da componente. Para ambas as condições o contrário também é verdadeiro.

	Componente 1	Componente 2
Clorofila	0.99972996	-0.023237855
AF	-0.28298749	0.959123600
AFE	-0.76926367	0.638931462
DE	0.10039988	0.994947166
Es.Epi.AD	0.78255660	0.622579452
Es.Epi.AB	-0.92511623	0.379684018
Es.PP	0.70585827	-0.708353089
Es.PE	-0.94328464	-0.331985066
Es.F	0.45650320	-0.889721769
Es.RT	0.99999899	-0.001421894
Es.C	-0.97030293	0.241893014
AX	-0.11145989	0.993768934
AF.1	-0.04005029	0.999197665
NF	-0.31792246	0.948116717
Photo	0.84169923	0.539946667
Cond	0.30346069	0.952843960
Ci	0.90403567	0.427457032
Trmmol	-0.98458484	0.174907681
EUA	0.95090144	0.309493876
EIUA	0.99365070	-0.112509092
Ecarboxi	0.56471033	0.825289185
alpha..Y.	0.20581491	-0.978590937
ETRm	-0.45398008	-0.891011831
Ik	-0.53272063	-0.846291162
Ib	0.87027013	-0.492574768

Foram utilizadas as variáveis com valores mais próximos de 1.00 para ambas as componentes. A seguir a representação gráfica das variáveis e as duas principais componentes através do *Biplot*:

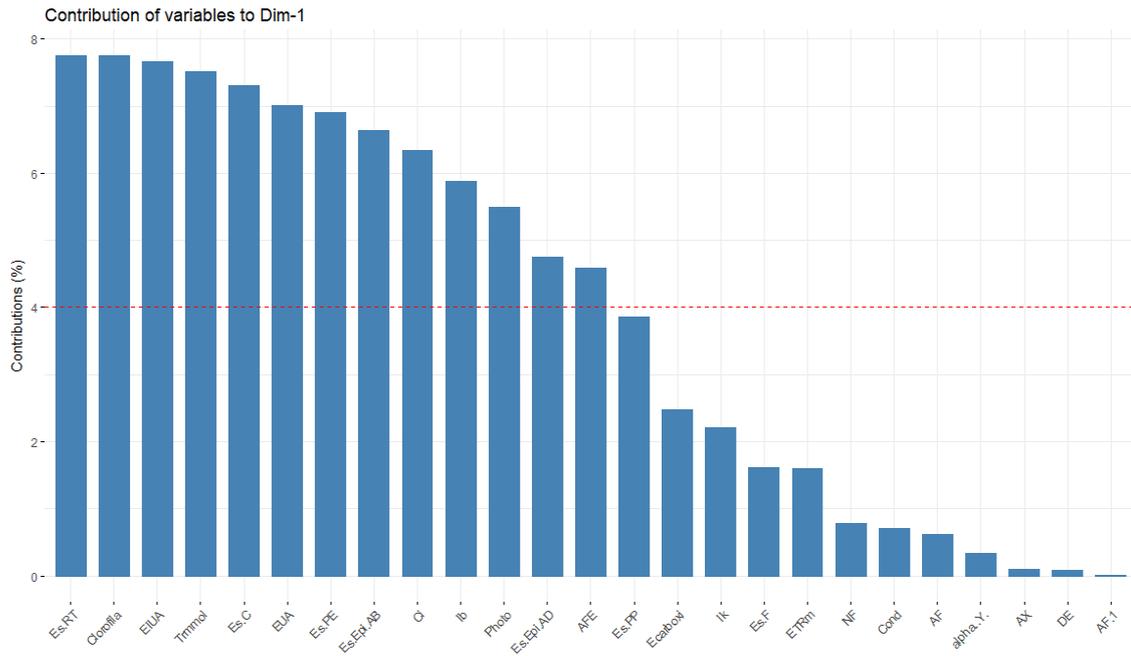


A partir das variáveis com maior correlação foi realizado um teste precisão do modelo utilizado. O teste do \cos^2 avalia as variáveis escolhidas são realmente representadas dentro da componente. Neste caso, quanto mais próximo de 1.00, maior a certeza de que a variável está representada dentro da componente. Esta informação é necessária para nos certificarmos de que as variáveis escolhidas podem ser utilizadas para análises futuras.

res.pca\$var\$cos2		
	Dim.1	Dim.2
Clorofila	0.999460002	5.399979e-04
AF	0.080081920	9.199181e-01
AFE	0.591766587	4.082334e-01
DE	0.010080137	9.899199e-01
Es.Epi.AD	0.612394826	3.876052e-01
Es.Epi.AB	0.855840046	1.441600e-01
Es.PP	0.498235902	5.017641e-01
Es.PE	0.889785916	1.102141e-01
Es.F	0.208395174	7.916048e-01
Es.RT	0.999997978	2.021781e-06
Es.C	0.941487770	5.851223e-02
AX	0.012423307	9.875767e-01
AF.1	0.001604026	9.983960e-01
NF	0.101074691	8.989253e-01
Photo	0.708457597	2.915424e-01
Cond	0.092088388	9.079116e-01
Ci	0.817280486	1.827195e-01
Trmmol	0.969407303	3.059270e-02
EUA	0.904213541	9.578646e-02
EIUA	0.987341704	1.265830e-02
Ecarboxi	0.318897761	6.811022e-01
alpha..Y.	0.042359779	9.576402e-01
ETRm	0.206097918	7.939021e-01
Ik	0.283791269	7.162087e-01
Ib	0.757370098	2.426299e-01

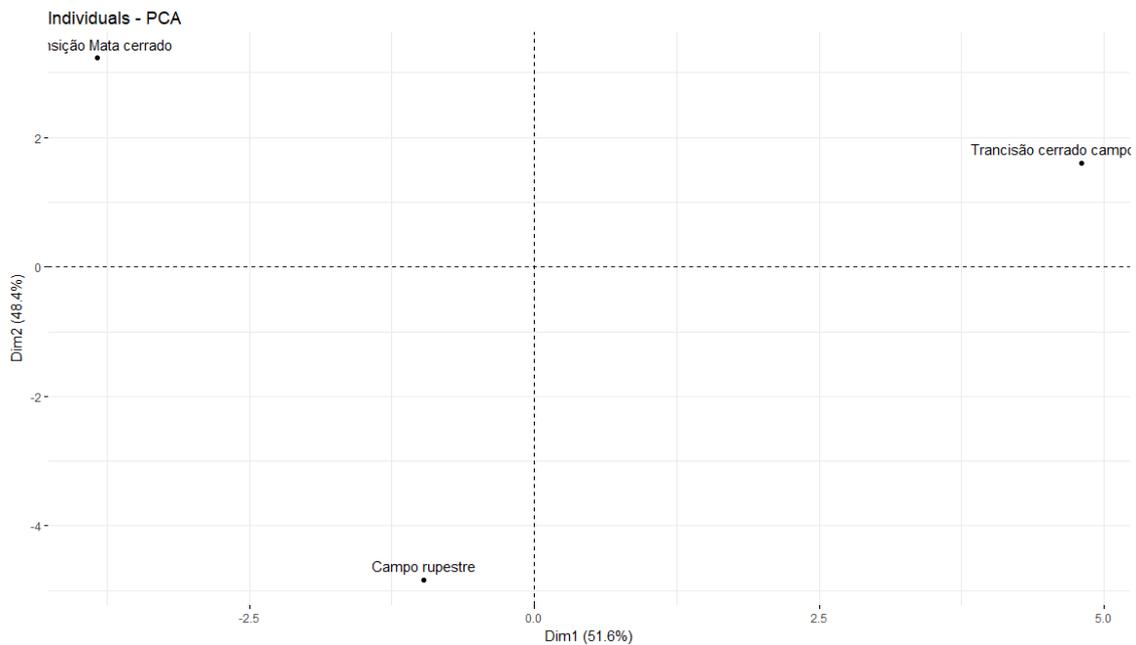
Os dados observados mostram que apenas algumas variáveis estão representadas no modelo que calculou a componente 1. Já para a componente 2, nenhuma variável foi confiável.

A partir destas variáveis avaliamos a contribuição de cada variável dentro da componente. Ou seja, quais variáveis possuem maior peso na variação dos dados. Isto indica que estas variáveis são as que mais mudam entre os ambientes. O resultado foi:



Todas as variáveis que estão acima do valor de significância (linha vermelha) contribuem para a variância da componente 1.

Foi realizada uma PCA com os indivíduos, ou seja, com os locais, para observarmos o comportamento deles quanto à variação das componentes. O resultado está na figura abaixo:



O biplot mostra que as áreas de Cerrado e Transição Mata - Cerrado estão em quadrantes opostas da componente 1, enquanto Campo Rupestre apesar de está em quadrante oposto a área de Cerrado na componente 1, não exerce muita influência na variância desta componente. Para a componente 2 a área de Campo Rupestre possui maior influência, todavia nenhuma variável foi significativamente representada nesta componente. Por causa disso, apenas utilizamos a componente 1. A partir daí rodamos uma análise de regressão com modelos lineares generalizados. As variáveis que variaram em função dos ambientes estão na tabela abaixo:

Analysis of Deviance Table

Variável	Pr(>Chi)
Es.RT	2.248e-09***
Clorofila	0.107
EIUA	1.13e-05***
Trmmol	3.1e-13 ***
Es.C	0.2147
EUA	2.2e-16 ***
Es.PE	0.8027
Es.Epi.AB	0.01095 *
Ci	2.2e-16 ***
Ib	0.07127 .
Photo	2.2e-16 ***
Es.Epi.AD	0.0007059 ***
AFE	0.983

0 '***' 0.001 '***' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Análise de regressão múltipla

Baseado nestas variáveis que foram afetadas pelos ambientes, utilizamos de uma análise de regressão múltipla para determinar o efeito das variáveis anatômicas (explanatória) em algumas variáveis de trocas gasosas (resposta).

O primeiro modelo mostra o efeito das variáveis espessura da epiderme abaxial, adaxial e região de tricomas na transpiração.

$\text{lm}(\text{formula} = \text{Trmmol} \sim \text{Es.Epi.AD} + \text{Es.Epi.AB} + \text{Es.RT}, \text{data} = \text{Dados})$

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.9414	-0.4614	0.0875	0.4467	1.9005

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	10.45581	2.11055	4.954	3.79e-05 ***

```
Es.Epi.AD -0.31396 0.13205 -2.378 0.025064 *
Es.Epi.AB 0.44441 0.31355 1.417 0.168254
Es.RT -0.07879 0.01961 -4.018 0.000446 ***
```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.8718 on 26 degrees of freedom

(6 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.5963, Adjusted R-squared: 0.5497

F-statistic: 12.8 on 3 and 26 DF, p-value: 2.5e-05

Como observado pelo quadro de ANOVA a variável espessura da epiderme abaxial não foi significativa para variação da transpiração. Desta forma, retiramos a variável e rodamos novamente a regressão. O resultado segue abaixo:

lm(formula = Trmmol ~ Es.Epi.AD + Es.RT, data = Dados)

Residuals:

```
Min 1Q Median 3Q Max
-2.09911 -0.39950 0.00123 0.49862 2.01783
```

Coefficients:

```
Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 12.69717 1.42361 8.919 1.56e-09 ***
Es.Epi.AD -0.30425 0.13431 -2.265 0.0317 *
Es.RT -0.09066 0.01806 -5.021 2.88e-05 ***
```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.8879 on 27 degrees of freedom

(6 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.5651, Adjusted R-squared: 0.5329

F-statistic: 17.54 on 2 and 27 DF, p-value: 1.312e-05

Observamos que ambas variáveis influenciam a transpiração de forma negativa, ou seja, quando ocorre o aumento da espessura ocorre a diminuição da transpiração.

Após o teste de significância testamos os pressupostos de normalidade, homocedasticidade e independência dos dados.

Shapiro-Wilk normality test

data: fit\$residuals

W = 0.95771, p-value = 0.2704

studentized Breusch-Pagan test

data: fit

BP = 1.767, df = 2, p-value = 0.4133

lag Autocorrelation D-W Statistic p-value

1 0.1715072 1.582695 0.16

Alternative hypothesis: rho != 0

Os dados assumiram todos os pressupostos, o que os torna aptos para o uso da regressão. Além disso, testamos qual o melhor modelo de regressão. Neste caso, quanto menor o AIC melhor o modelo.

Start: AIC=-4.29

Trmmol ~ Es.Epi.AD + Es.RT

	Df	Sum of Sq	RSS	AIC
<none>		21.287	4.2925	
- Es.Epi.AD	1	4.0456	25.333	-1.0727
- Es.RT	1	19.8752	41.163	13.4900

> step\$anova

Stepwise Model Path

Analysis of Deviance Table

Initial Model:

Trmmol ~ Es.Epi.AD + Es.RT

Final Model:

Trmmol ~ Es.Epi.AD + Es.RT

Step	Df	Deviance	Resid. Df	Resid. Dev	AIC
1		27	21.28738	-4.292484	

O teste comprova que o modelo é ideal.

Utilizamos a mesma abordagem para a variável EUA. Primeiro analisamos a colinearidade entre as variáveis (VIF). Valores menor que 2 são considerados bons quanto a colinearidade.

```
Es.Epi.AD Es.Epi.AB Es.RT
1.031167 1.223944 1.257947
Es.Epi.AD Es.Epi.AB Es.RT
1.015464 1.106320 1.121582
```

Call:

```
lm(formula = EUA ~ Es.Epi.AD + Es.Epi.AB + Es.RT, data = Dados)
```

Residuals:

```
Min 1Q Median 3Q Max
-2.49339 -0.44569 -0.00836 0.34489 2.68960
```

Coefficients:

```
Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -4.60707 2.56205 -1.798 0.083768 .
Es.Epi.AD 0.62778 0.16030 3.916 0.000581 ***
Es.Epi.AB -0.86540 0.38062 -2.274 0.031483 *
Es.RT 0.09511 0.02380 3.996 0.000472 ***
```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.058 on 26 degrees of freedom

(6 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.6913, Adjusted R-squared: 0.6557

F-statistic: 19.41 on 3 and 26 DF, p-value: 8.169e-07

Todas as variáveis foram significativas. Para estas variáveis, quanto maior as espessuras da Epiderme adaxial e região de tricomas maior a EUA, enquanto a espessura da epiderme abaxial tem efeito contrário.

Shapiro-Wilk normality test

```
data: fit$residuals
```

```
W = 0.96355, p-value = 0.3804
```

studentized Breusch-Pagan test

```
data: fit
```

BP = 0.95836, df = 3, p-value = 0.8113

lag Autocorrelation D-W Statistic p-value

1 0.1517712 1.693111 0.276

Alternative hypothesis: rho != 0

Todos os pressupostos foram atendidos.

Start: AIC=7.11

EUA ~ Es.Epi.AD + Es.Epi.AB + Es.RT

	Df	Sum of Sq	RSS	AIC
<none>		29.119	7.1061	
- Es.Epi.AB	1	5.7896	34.909	10.5464
- Es.Epi.AD	1	17.1782	46.298	19.0168
- Es.RT	1	17.8835	47.003	19.4703

Stepwise Model Path

Analysis of Deviance Table

Initial Model:

EUA ~ Es.Epi.AD + Es.Epi.AB + Es.RT

Final Model:

EUA ~ Es.Epi.AD + Es.Epi.AB + Es.RT

Step	Df	Deviance	Resid. Df	Resid. Dev	AIC
1		26	29.11933	7.106149	

O AIC confirma que este é o melhor modelo de regressão múltipla para as variáveis testadas.

lm(EIUA ~ Es.Epi.AD + Es.Epi.AB + Es.RT, data=Dados)

Es.Epi.AD Es.Epi.AB Es.RT

1.031167 1.223944 1.257947

Es.Epi.AD Es.Epi.AB Es.RT

1.015464 1.106320 1.121582

*Baixa colinearidade!!! (ótimo)

Call:

lm(formula = EIUA ~ Es.Epi.AD + Es.Epi.AB + Es.RT, data = Dados)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-19.966	-7.537	-2.250	4.714	41.831

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	10.8921	30.0483	0.362	0.7199
Es.Epi.AD	3.7142	1.8800	1.976	0.0589 .
Es.Epi.AB	-7.7062	4.4641	-1.726	0.0962 .
Es.RT	0.6291	0.2792	2.254	0.0329 *

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 12.41 on 26 degrees of freedom

(6 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.4352, Adjusted R-squared: 0.3701

F-statistic: 6.679 on 3 and 26 DF, p-value: 0.001715

*O valores destacados no quadro de ANOVA, mostram que não foram significativos a 0.05, por isso foram retirados.

*Este então foi o novo modelo testado

Call:

lm(formula = EIUA ~ Es.RT, data = Dados)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-24.135	-6.688	-3.690	6.974	51.689

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-6.9179	17.7712	-0.389	0.70002
Es.RT	0.9141	0.2683	3.407	0.00201 **

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 13.38 on 28 degrees of freedom

(6 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.293, Adjusted R-squared: 0.2678

F-statistic: 11.61 on 1 and 28 DF, p-value: 0.002008

Shapiro-Wilk normality test

data: fit\$residuals

W = 0.83286, p-value = 0.0002769

*Todavia o modelo não assumiu o pressuposto da normalidade e por isso foi descartado.

O próximo modelo é o efeito das variáveis anatômicas na fotossíntese.

lm(Photo ~ Es.Epi.AD + Es.Epi.AB + Es.RT, data=Dados)

Es.Epi.AD Es.Epi.AB Es.RT

1.031167 1.223944 1.257947

Es.Epi.AD Es.Epi.AB Es.RT

1.015464 1.106320 1.121582

*Baixa colinearidade entre as variáveis explanatórias.

Call:

lm(formula = Photo ~ Es.Epi.AD + Es.Epi.AB + Es.RT, data = Dados)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-4.7779	-1.5027	0.1119	1.5481	4.3424

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.19559	6.40350	0.187	0.8533
Es.Epi.AD	1.04868	0.40064	2.618	0.0146 *
Es.Epi.AB	-1.56242	0.95132	-1.642	0.1126
Es.RT	0.14142	0.05949	2.377	0.0251 *

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.645 on 26 degrees of freedom

(6 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.4819, Adjusted R-squared: 0.4221

F-statistic: 8.062 on 3 and 26 DF, p-value: 0.0005837

*Espessura da epiderme abaxial deu não significativo.

*Novo modelo

Call:

lm(formula = Photo ~ Es.Epi.AD + Es.RT, data = Dados)

Residuals:

Min 1Q Median 3Q Max
 -6.1800 -1.4966 0.1727 1.2654 4.1386

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-6.68444	4.37205	-1.529	0.1379
Es.Epi.AD	1.01453	0.41249	2.460	0.0206 *
Es.RT	0.18316	0.05545	3.303	0.0027 **

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.727 on 27 degrees of freedom

(6 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.4282, Adjusted R-squared: 0.3858

F-statistic: 10.11 on 2 and 27 DF, p-value: 0.0005286

Shapiro-Wilk normality test

data: fit\$residuals

W = 0.97129, p-value = 0.575

studentized Breusch-Pagan test

data: fit

BP = 5.3074, df = 2, p-value = 0.07039

lag Autocorrelation D-W Statistic p-value

1 0.3905519 1.147312 0.01

Alternative hypothesis: rho != 0

O modelo não assumi o pressuposto de independência dos dados, portanto não pode ser utilizado.

lm(Ci ~ Es.Epi.AD + Es.Epi.AB + Es.RT, data=Dados)

Es.Epi.AD Es.Epi.AB Es.RT

1.031167 1.223944 1.257947

Es.Epi.AD Es.Epi.AB Es.RT

1.015464 1.106320 1.121582

*Baixa colinearidade!!!

Call:

lm(formula = Ci ~ Es.Epi.AD + Es.Epi.AB + Es.RT, data = Dados)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-87.46	-25.54	5.75	15.84	57.75

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-34.3371	82.5827	-0.416	0.68098
Es.Epi.AD	15.8965	5.1669	3.077	0.00488 **
Es.Epi.AB	-11.7241	12.2687	-0.956	0.34807
Es.RT	2.2586	0.7672	2.944	0.00674 **

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 34.11 on 26 degrees of freedom

(6 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.5215, Adjusted R-squared: 0.4663

F-statistic: 9.446 on 3 and 26 DF, p-value: 0.0002149

*Novo modelo

lm(formula = Ci ~ Es.Epi.AD + Es.RT, data = Dados)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-97.983	-20.426	4.654	9.655	56.218

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-93.4676	54.6033	-1.712	0.09841 .
Es.Epi.AD	15.6402	5.1516	3.036	0.00526 **
Es.RT	2.5717	0.6926	3.713	0.00094 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 34.06 on 27 degrees of freedom

(6 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.5047, Adjusted R-squared: 0.468

F-statistic: 13.76 on 2 and 27 DF, p-value: 7.599e-05

*Efeito positivo nas variáveis de anatomia e a concentração intercelular de CO2.

Shapiro-Wilk normality test

data: fit\$residuals

W = 0.94275, p-value = 0.1079

studentized Breusch-Pagan test

data: fit

BP = 2.8296, df = 2, p-value = 0.243

lag Autocorrelation D-W Statistic p-value

1 0.2643237 1.44521 0.078

Alternative hypothesis: rho != 0

*O modelo assume todos os pressupostos.

Start: AIC=214.52

Ci ~ Es.Epi.AD + Es.RT

	Df	Sum of Sq	RSS	AIC
<none>		31317	214.52	
- Es.Epi.AD	1	10691	42008	221.33
- Es.RT	1	15994	47311	224.90

Stepwise Model Path

Analysis of Deviance Table

Initial Model:

Ci ~ Es.Epi.AD + Es.RT

Final Model:

Ci ~ Es.Epi.AD + Es.RT

Step	Df	Deviance	Resid. Df	Resid. Dev	AIC
1		27	31316.84	214.5214	