

**ANÁLISE DE CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E
FISIOLÓGICAS EM VEREDAS COM DIFERENTES NÍVEIS DE
SECAMENTO**

Mariane Scarcela Durães

Montes Claros - MG
Novembro - 2022

Mariane Scarcela Durães

**ANÁLISE DE CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E
FISIOLÓGICAS EM VEREDAS COM DIFERENTES NÍVEIS DE
SECAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros como parte das exigências do Curso de Mestrado Acadêmico em Botânica Aplicada, área de concentração em Botânica Aplicada para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Walter Santos de Araújo

Montes Claros - MG
Novembro - 2022

D948a Durães, Mariane Scarcela.
Análise de características morfológicas e fisiológicas em veredas com diferentes níveis de secamento. [manuscrito] / Mariane Scarcela Durães - Montes Claros, 2022.
29 f. : il.

Bibliografia: f. 20-24.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Montes Claros - Unimontes, Programa de Pós-Graduação em Botânica Aplicada /PPGBOT, 2022.

Orientador: Prof. Dr. Walter Santos de Araújo.

1. Vereda. 2. Plantas - Efeito da seca. 3. Plantas - Fisiologia. 4. Botânica - Morfologia. 5. Copaifera oblongifolia (Fabaceae). 6. Macairea radula (Melastomataceae). I. Araújo, Walter Santos de. II. Universidade Estadual de Montes Claros. IV. Título.

Mariane Scarcela Durães

**ANÁLISE DE CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E
FISIOLÓGICAS EM VEREDAS COM DIFERENTES NÍVEIS DE
SECAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros como parte das exigências do Curso de Mestrado Acadêmico em Botânica Aplicada, área de concentração em Botânica Aplicada para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 15 de Julho de 2022.

Prof. Dr. Walter Santos de Araújo - UNIMONTES
Prof. Dra. Sônia Ribeiro Arrudas - UNIMONTES
Prof. Dra. Dayana Figueiredo Abdalla - IFG



Orientador Prof. Dr. Walter Santos de Araújo

Montes Claros - MG
Novembro - 2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por mais uma batalha vencida.

Ao meu orientador Dr. Walter Santos de Araújo por me auxiliar durante todo o processo, ajudando com as minhas dúvidas, que foram muitas, e sempre que precisava de algum suporte você estava disponível.

Ao pessoal do Laboratório de Interações Ecológicas e Biodiversidade, principalmente Kelly, Bruno, Sabrina e Ivonette pela ajuda em campo, que não foi fácil, e em laboratório, Leonardo e Matthias por me ajudarem de última hora recoletar alguns dados. Agradeço imensamente ao Jefferson por sempre quando precisava me ajudava na parte das análises estatísticas.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação de Botânica Aplicada e os docentes pelo conhecimento compartilhado e pela seriedade com que realizam seu trabalho. Aos professores Dr. Leonardo Monteiro e Dr. Geraldo Aclecio, muito obrigado por tirarem minhas dúvidas e por dar soluções quando não sabia mais o que fazer. Ao Dr. Leandro Maracahipes por participar da banca de qualificação e auxiliar na melhoria do trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) e Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração - Veredas (PELD-Veredas) pelo auxílio financeiro e logístico, além da bolsa. Aos colegas do Programa de Pós-graduação, obrigada por compartilharem suas experiências, bem como pelo apoio e incentivo durante todo o mestrado. Agradeço a Kelly por sempre estar uma apoiando a outra, principalmente nas horas que queremos surtar, e levantando a moral sempre quando era necessário.

E por último, agradeço infinitamente minha família, meus pais, irmãos, tios e avós pelo apoio emocional, amor, orientação e por estarem sempre comigo nessa longa jornada, especialmente minha irmã Ane, que lia minha dissertação quando pedia por ajuda.

RESUMO

Análise de características morfológicas e fisiológicas em veredas com diferentes níveis de secamento

As plantas sob efeito do estresse hídrico, podem apresentar modificações morfológicas e fisiológicas, fazendo com que as espécies vegetais consigam sobreviver neste tipo de condição de estresse. O objetivo desse trabalho foi investigar se espécies *Copaifera oblongifolia* (Fabaceae) e *Macairea radula* (Melastomataceae) em veredas sob diferentes níveis de secamento apresentam diferenças na arquitetura das plantas, nos níveis de compostos foliares e assimetria flutuante foliar. A amostragem ocorreu no norte de Minas Gerais em duas áreas de veredas, sendo uma em estágio avançado de secamento e outra em estágio inicial de secamento. Foram coletados em cada área dados de características morfológicas (altura, circunferência acima do peito e largura da copa), compostos foliares (clorofilas, nitrogênio e flavonóis) e assimetria flutuante foliar de 15 indivíduos de cada espécie em cada área. Os resultados mostraram que as características estruturais das espécies estudadas não diferiram entre as veredas. Similarmente, os compostos foliares não mostraram diferenças significativas nas suas concentrações entre as plantas das duas veredas estudadas. Por fim, ambas as espécies também não mostraram resultados significativos em relação a assimetria foliar. Esse trabalho indica que o estresse hídrico presente na vereda parece não influenciar as características morfológicas e compostos foliares da *C. oblongifolia* e da *M. radula* por causa chuva.

Palavras-chave: antropização, compostos vegetais, estresse hídrico, parâmetros estruturais.

ABSTRACT

Analysis of morphological and physiological characteristics in palm swamp with different levels of dryness

Plants under the effect of water stress can present morphological and physiological changes, making the plant species able to survive in this type of stress condition. The objective of this work was to investigate whether *Copaifera oblongifolia* (Fabaceae) and *Macaírea radula* (Melastomataceae) species in paths under different levels of dryness show differences in plant architecture, leaf compound levels and leaf fluctuating asymmetry. Sampling took place in northern Minas Gerais in two areas of palm swamp, one in an advanced stage of drying and the other in an early stage of drying. Data on morphological characteristics (height, circumference above the breast and crown width), leaf compounds (chlorophylls, nitrogen and flavonols) and leaf fluctuating asymmetry of 15 individuals of each species in each area were collected in each area. The results showed that the structural characteristics of the studied species did not differ between the palm swamp. Similarly, the foliar compounds did not show significant differences in their concentrations between the plants of the two studied paths. Finally, both species also did not show significant results in relation to leaf asymmetry. This work indicates that the water stress present in the vereda does not seem to influence the morphological characteristics and leaf compounds of *C. oblongifolia* and *M. radula* due to rain.

Key words: anthropization, leaf compounds, water stress, structural parameter

SUMÁRIO

Introdução.....	10
Material e métodos	13
Área de estudo	13
Espécies do estudo.....	15
Amostragem	15
Análise de dados.....	16
Resultados	17
Estrutura da planta.....	17
Assimetria flutuante.....	17
Compostos foliares	17
Discussão	18
Conclusão	20
Referências.....	20
Anexo 1.....	25

Artigo formatado de acordo com a Revista *Revista Plant Ecology*

**Análise de características morfológicas e fisiológicas em veredas com diferentes níveis de
secamento**

Mariane Scarcela Durães

Introdução

Os impactos antrópicos podem acarretar alterações na natureza, podendo até ser irreversíveis em ambientes com baixa capacidade de restauração (Guimarães et al. 2002). Estes impactos promovem modificações nos ecossistemas, como excesso na luminosidade e temperatura, e diminuição na disponibilidade hídrica tornando o habitat um ambiente com condições não favoráveis, resultando estresse ambiental para várias espécies (Laurance et al. 2007). Como um exemplo de estresse ambiental podemos citar o estresse hídrico, que ocorre através da redução da disponibilidade de água no solo causando prejuízos as plantas, assim podendo afetar crescimento e desenvolvimento (Santos and Carlesso 1998). Em efeito deste déficit hídrico, a planta sofre modificações na sua fisiologia e bioquímica, fazendo que desenvolvam mecanismos para suportar e adaptar a esse estresse, como por exemplo, ajustamento osmótico, diminuição da produtividade, produção de folhas menores, presença de tricomas. (Campos et al. 2021). As veredas são muito sensíveis a mudanças ocorrentes no ambiente e possuem um lento processo de restauração (Guimarães et al. 2002; Bastos and Ferreira 2010), e devido a essa característica essas vegetações, quando impactadas de forma negativa, podem acabar sendo dominadas pelas vegetações adjacentes, como por exemplo o cerrado *sensu stricto*, tornando o ambiente com o aspecto mais savânico (Nunes et al. 2022).

O Cerrado é dividido em fitofisionomias, onde a caracterização é de acordo com a características morfológicas de uma comunidade vegetal e do tipo de ambiente que ela se encontra e dentre estas variações de vegetação pode se encontrar a vegetação do tipo vereda (Bastos and Ferreira 2010). As veredas são vegetações herbáceo-arbustivas com algumas árvores espaçadas que estão localizadas próximas aos cursos d'águas, sendo que *Mauritia flexuosa* L.f. é a principal espécie arbórea que caracteriza o ecossistema de vereda (Bahia et al. 2009a). Seus solos são hidromórficos, argilosos e turfosos com grandes concentrações de matéria orgânica (Ramos et al. 2006; Sousa et al. 2011), resultando em um ecossistema rico em biodiversidade. Possuem importantes papéis ecológicos, hidrológicos e sociais, como a manutenção dos recursos hídricos próximos as veredas, corredores ecológicos para proteção da flora e fauna e fonte de renda para pequenas comunidades próximas a essas vegetações (Bahia et al. 2009b). Na região Norte de Minas Gerais, as áreas constituintes de veredas são altamente

degradadas devido à vários fatores, como a drenagem excessiva dos corpos d'água, os incêndios antrópicos, usos agropecuários e o desmatamento (Nunes et al. 2009; Borges et al. 2021).

As plantas, quando expostas a condições e estresses ambientais, tendem a modificar suas características morfológicas e fisiológicas, afim de conseguirem se ajustarem a esses estresses (Siebenka et al. 2015). Estudos já mostram que as plantas podem desenvolver uma gama de variações em suas características morfológicas como por exemplo, alterações na altura da planta; na área foliar; na biomassa; na morfologia e coloração foliar; na morfologia e comprimento da raiz; e na diminuição no caule em efeito aos estresses luminoso, hídrico e disponibilidade nutricional (Siebenka et al. 2015; Freschet et al. 2018; Campos et al. 2021; Zang et al. 2021). Essas adaptações têm como objetivo suportar os níveis de estresse e conseguir uma maior absorção hídrica e de nutrientes disponíveis para uma melhor produtividade e sobrevivência neste ambiente modificado (Freschet et al. 2018).

O estresse influencia na modificação da morfologia da folha, causando a instabilidade no desenvolvimento do organismo (Freeman et al. 2004). Essa instabilidade ocorre através de erros ou desvios aleatórios na simetria bilateral, que teoricamente seria perfeita ao longo do desenvolvimento, causando a diferenciação no tamanho dos lados, também chamada assimetria flutuante (AF) (Shadrina and Vol'pert 2018). O método de análise da assimetria flutuante na morfologia de vários organismos tem sido bastante utilizado como biomonitoramento em relação aos efeitos negativos aos distúrbios antrópicos (Mendes et al. 2018). Além de indicador de qualidade ambiental, segundo Cornelissen and Stiling (2005) a AF poderia ser um preditor de qualidade da planta para insetos herbívoros, influenciando a abundância dos herbívoros.

Os compostos foliares possuem papéis importantes para a planta, como por exemplo, os taninos e terpenoides que podem proporcionar mudanças internas nas plantas que afetam a palatabilidade dos herbívoros, os fenilpropanoides que agem na proteção da planta contra a radiação UV (Bezerra et al. 2013; Dourado et al. 2016; Trautenmüller et al. 2016). Diante disso, a variação na concentração de alguns compostos, em função de estresse biótico ou abiótico, tem sido relatada como bons indicadores de estresse (Palacios et al. 2013; Nakabayashi and Saito 2015). Alguns exemplos desse tipo de composto são os flavonóis, composto pertencente aos flavonoides, que fazem parte de um dos grupos de metabólicos secundários denominados de compostos fenólicos, podendo ser encontrado em partes vegetais como flores e folhas (Ferreira et al. 2008). Quando estão em condição de estresse hídrico, alguns flavonóis podem ter uma maior atuação na desintoxicação de radicais livres (Sánchez-Rodríguez et al. 2011). As

clorofilas, que são pigmentos naturais que são encontradas nos cloroplastos das folhas e podem ter pigmentos associados a elas, como os carotenoides (Streit et al. 2005). Quando estão sob alta irradiação e diminuição na disponibilidade hídrica, as clorofilas tendem a diminuir e ocorre a ativação do processo de fotoproteção através da transferência de elétrons para os carotenoides com o objetivo de evitar danos no aparato fotossintético (Lacerda and Mapeli 2021). O nitrogênio possui uma grande importância pois as plantas necessitam deste em grandes quantidades (Taiz and Zeiger 2017). Ele é incorporado em compostos carbonados como aminoácidos, pigmentos, lipídios, com isso participa de vários processos vegetais, tendo crescimento como o principal (Mendes et al 2015). Posto que as clorofilas são moléculas formadas por complexos derivados da porfirina, tendo como átomo central o magnésio, ligado a 4 outros átomos de nitrogênio (Taiz and Zeiger 2017). Partes do nitrogênio foliar estão integradas nas moléculas de clorofila fazendo que haja uma associação entre elas, com isso quando ocorre a diminuição de nitrogênio conseqüentemente também haverá uma diminuição de clorofila.

Os estudos analisando características funcionais de plantas que estão em habitats contrastantes são de grande importância, pois nos dão informações tanto de como ocorre a sobrevivência de espécies em seus habitats típicos como também mostra como estas espécies se adaptarão caso haja mudanças drásticas em futuros cenários climáticos (Maracahipes et al. 2018). Existem poucos trabalhos na região Neotropical investigando os potenciais impactos que a degradação das veredas sobre modificações morfológicas e fisiológicas nas plantas, como por exemplo, variações na concentração dos compostos vegetais e na estrutura das plantas. Desse modo, o objetivo do presente estudo foi investigar se existem efeitos na concentração de compostos foliares, a AF foliar e a arquitetura de espécies de plantas associadas a disponibilidade hídrica das veredas do Cerrado na região Norte de Minas Gerais, Brasil. Testou-se a seguinte hipótese: O secamento das veredas torna o ambiente estressante, com isso promove alterações na fisiologia das plantas resultando em alterações na concentração dos compostos foliares e nas características morfológicas das plantas. Deste modo, espera-se que as áreas de veredas preservadas (i.e. com boas condições hídricas) apresentam plantas estruturalmente mais complexas e com maiores concentrações de clorofilas, nitrogênio e flavonóis, enquanto que veredas em processo avançado de secamento apresenta indivíduos menos complexos e com níveis maiores de assimetria flutuante foliar.

Material e métodos

Área de estudo

O estudo foi realizado em 17 a 21 de maio de 2021, em duas áreas de veredas localizadas nos sítios do projeto Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração – Veredas, no norte de Minas Gerais, Brasil. O clima da região das áreas é considerado do tipo tropical seco com épocas de chuvas e de secas bem definidas (Alvares et al. 2013), a precipitação média anual varia em 242 a 461 mm com chuvas concentradas nos meses de setembro a março e com temperatura média varia de 19° a 26° C (Fig.1). A primeira área, conhecida como Vereda Almescla (15°21'30.8"S 44°54'39.7"W), está localizada na Área de Proteção Ambiental do Rio Pandeiros, situada nos municípios de Januária, Bonito de Minas e Cônego Marinho. A vegetação desta APA é constituída de cerrado *sensu stricto*, florestas estacionais decíduais e veredas (Ávila et al. 2021). O local de estudo possui um ambiente onde a vereda apresenta um aspecto conservado, com nível de secamento baixo e com a presença de água acima do solo em alguns locais (Nunes et al. 2022), o que configura esta vereda como de nível de estresse ambiental baixo (Fig. 2a). Já a segunda área, conhecida como Vereda Peruaçu (14°59'58.2"S 44°42'40.2"W), está localizada Parque Estadual Veredas do Peruaçu, situa-se nos municípios de Cônego Marinho e Januária, MG. O parque é constituído de fitofisionomias da transição de Caatinga e Cerrado (Nunes et al. 2022). Esta vereda apresentava um grande recuamento do lençol freático e um avançado secamento do solo, o que dá a um aspecto degradado, evidenciado pela alta mortalidade de buritis e pela invasão de plantas do cerrado *sensu stricto* no interior da vereda, presume que isto ocorre por causa de mudanças climáticas e atividades antrópicas como solos perturbados, pastagens e queimadas (Nunes et al. 2022) (Fig. 2b). Por causa dessas características, a vereda do Peruaçu apresenta um alto nível de estresse ambiental.

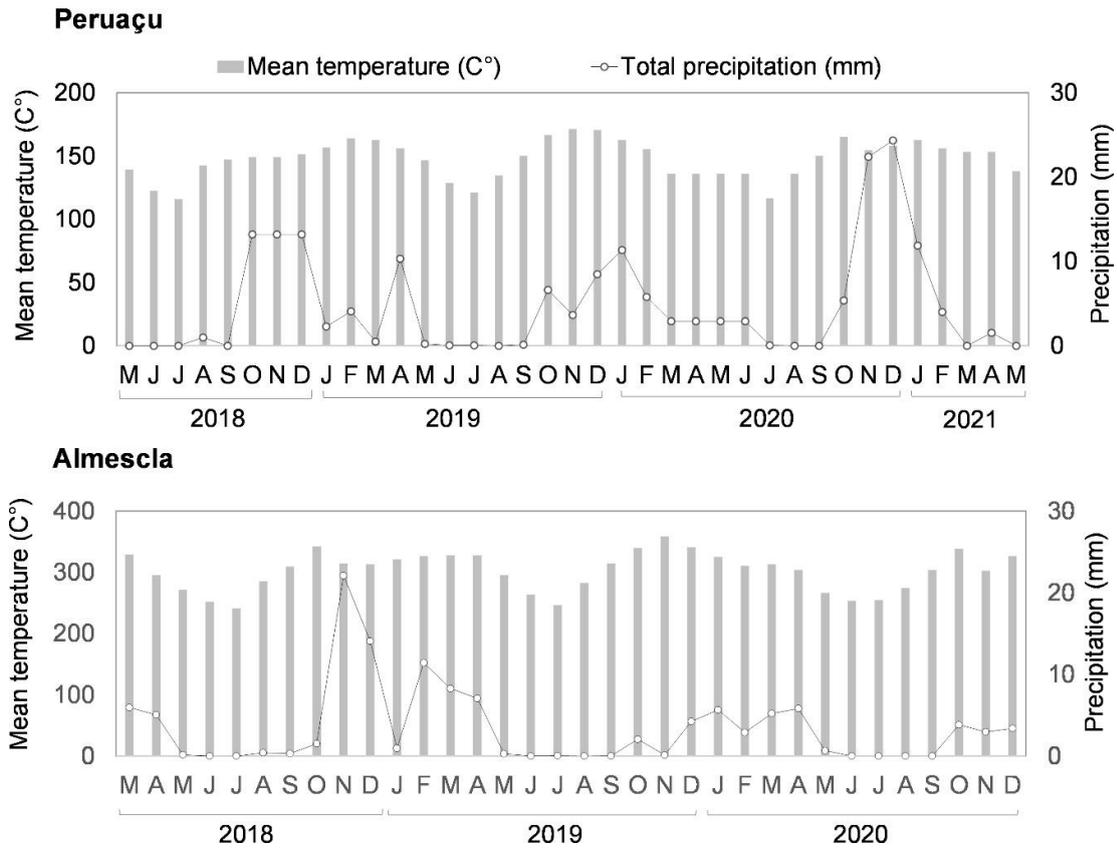


Fig. 1 Dados de temperatura média e precipitação total das duas áreas de estudo, compreendem aos anos de 2018-2021. Obtidos em Nunes et al. 2022.

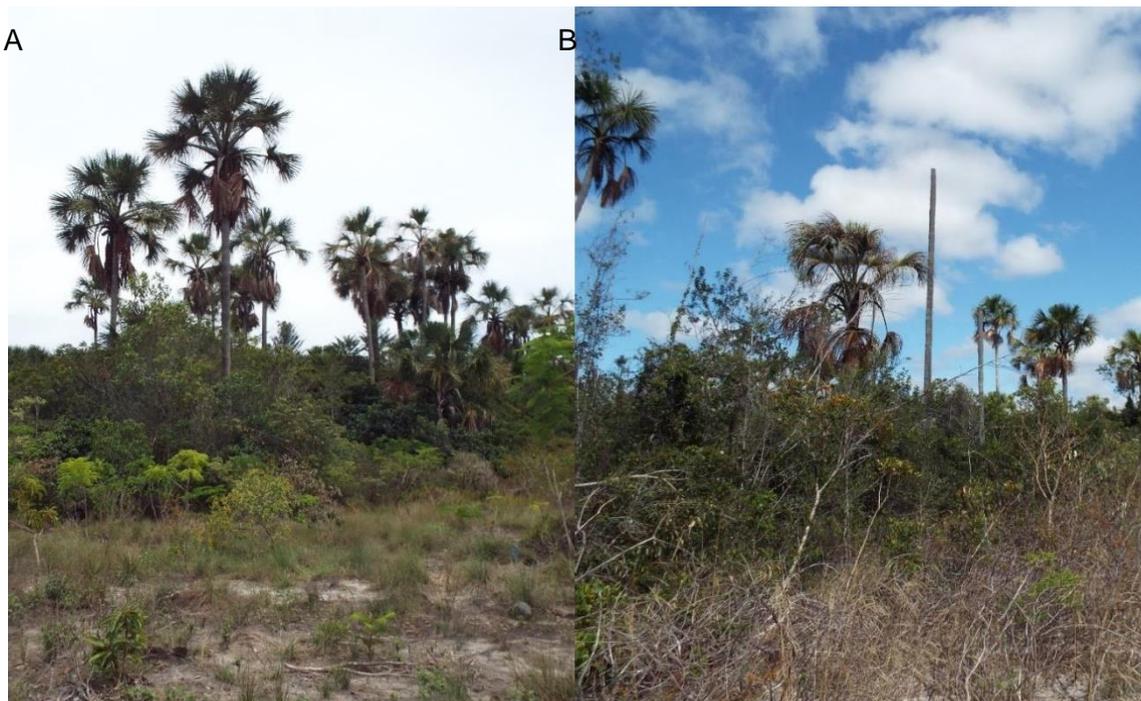


Fig. 2 Aspecto geral das áreas do estudo: **A)** Vereda Almescla; **B)** Vereda Peruaçu

Espécies do estudo

Para o estudo foram selecionadas duas espécies vegetais abundantes e de ocorrência comum nas duas áreas de estudo. A primeira espécie é *Copaifera oblongifolia* Mart. Ex Hayne pertencente à família Fabaceae, que é um arbusto popularmente conhecido como Pau d'ólinho, encontrado nas regiões Norte, Nordeste, Centro – Oeste e Sudeste do Brasil e nos biomas Amazônia e Cerrado (Costa 2020). Nas áreas estudadas, a espécie *C. oblongifolia* ocorre na adjacência das veredas em zonas de vegetação cerrado *sensu stricto*. A espécie tem como características indivíduos ramificados com altura de 2 a 3 metros, com presença de flores sésseis, frutos e com sementes de coloração arilo laranja (Costa 2007). A outra espécie é *Macaírea radula* (Bonpl.) DC., pertencente à família Melastomataceae, que é um arbusto que possui distribuição na região Norte, Nordeste, Centro – Oeste e Sudeste do Brasil e nos biomas Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica. A espécie geralmente está associada a solos úmidos e ocorre nas margens e no interior das veredas. Nas áreas estudadas os indivíduos de *M. radula* ocorreram na zona de borda da vereda, em região de solo mais úmido. Essa espécie possui indivíduos ramificados com altura de proximidade de 2 metros, com presença de flor com coloração roxo, lilás ou rosa, frutos com sementes (Silva et al. 2020). Desse modo, as duas espécies estudadas ocorrem em faixas diferentes da vegetação (na borda da vereda e no cerrado adjacente).

Amostragem

Em cada área, foram amostrados na parte da manhã e da tarde 15 indivíduos de *C. oblongifolia* e de *M. radula*, totalizando 30 indivíduos de cada espécie. Para cada indivíduo, com auxílio de uma fita métrica e uma trena, foram medidos os seguintes caracteres morfológicos: altura (m), circunferência à altura do peito (CAP) (cm) e largura da copa (m).

Para avaliar a AF foliar, foram coletas 5 folhas de cada indivíduo das duas espécies, todas as folhas foram fotografadas e digitalizadas. Utilizando o software Image J, houve a medição da largura do lado direito (LD) e do esquerdo da folha (LE), da borda da folha até a nervura central, na região mediana da folha. Após calcular a média dos dados obtidos, foi realizado o índice de assimetria flutuante, de acordo com Cornelissen e Stiling (2005), que consiste na diferença dos lados dividindo pelo número de medidas (N) realizadas $(LD-LE/N)$.

Para evitar erro de mensuração, os dados foram mensurados duas vezes e comparados estatisticamente.

Para amostragem dos compostos foliares das plantas, foi efetuada as leituras através do aparelho Dualex, que é um sensor óptico desenvolvido pela Force-A para medir o teor de flavonóis e clorofilas (2 de $\mu\text{g}/\text{cm}$) da epiderme das folhas e o Índice do Equilíbrio do Nitrogênio (NBI), que avalia as condições nitrogenadas da folha através do cálculo da razão entre clorofila e flavonóis relacionada à alocação de nitrogênio/carbono. A medição foi executada diretamente na folha da planta em campo. Foram selecionadas aleatoriamente 5 folhas de cada indivíduo, e em cada folha foram realizadas seis leituras (começo, meio e fim da face abaxial e adaxial da estrutura foliar), a partir destas foi calculada a média.

Análise de dados

Para comparar as características morfológicas (altura, CAP e largura da copa) e os compostos foliares (flavonóis, clorofilas e nitrogênio) cada espécie de planta entre as duas veredas (preservada/alterada), foram utilizadas análises de variância (ANOVA) e em seguida teste de Tukey. Adicionalmente realizou-se testes de correlação de Spearman para testar a correlação entre os compostos foliares de cada espécie de planta.

Para avaliar se existiam padrões verdadeiros de AF, foram realizados testes para descartar outros tipos de assimetria, como assimetria direcional (AD) e antissimetria (AT). Essas assimetrias proveem fatores genéticos e podem ser expressadas na morfologia do organismo ao longo do seu desenvolvimento (Moura et al. 2017). A AD ocorre quando um lado da folha sempre será maior que o outro, geralmente em todos os indivíduos, podendo ser $LD > LE$ ou $LE > LD$, fazendo que a diferença média dos lados seja significativamente maior ou menor que 0 (Alves-Silva and Del-Claro 2013; Cuevas-Reyes et al. 2013), e para eliminar essa assimetria foi utilizando o teste de normalidade dos dados de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$). E a AT, é caracterizada por ocorrer uma falta de simetria, desde modo, todos os indivíduos de forma aleatória terá um lado maior que o outro, contendo tanto $LD > LE$ quanto $LE > LD$ e uma distribuição bimodal de $LD - LE$ com media significativamente igual 0 (Cuevas-Reyes et al. 2013; Moura et al. 2017). Com isso, para descartar essa assimetria foi realizado o teste t de uma amostra, tendo o 0 como valor de referência. Todas as análises foram realizadas no Programa R versão R-4.1.1 (R Core Team 2021).

Resultados

Estrutura da planta

A altura dos indivíduos de *C. oblongifolia* variou entre 1,33 a 5,50 m (média: $2,37 \pm 0,91$), já os indivíduos de *M. radula* variaram entre 1,35 a 3,70 m (média: $2,08 \pm 0,54$). A circunferência do caule variou 1,39 a 19,74 cm (média: $10,12 \pm 5,28$) nos indivíduos de *C. oblongifolia* e variou entre 3,20 a 23,44 cm (média: $12,04 \pm 4,32$) indivíduos de *M. radula*. Já a largura da copa esteve entre 1,10 a 5,86 m (média: $3,34 \pm 3,53$) em *C. oblongifolia* e entre 1,10 a 4,79 m (média: $1,91 \pm 0,80$) em *M. radula*. Comparando as variáveis estruturais analisadas (altura da planta, CAP e largura da copa) não foram observadas diferenças significativas entre os indivíduos de cada espécie das duas veredas (Tabela 1).

Tabela 1 Análises de variância para comparar as características morfológicas de indivíduos das espécies *Copaifera oblongifolia* Mart. Ex Hayne e *Macaireia radula* (Bonpl.) DC. presentes em veredas com diferentes aspectos de conservação localizadas no Norte de Minas, Brasil

Planta	Variáveis respostas	Df	Sum Sq	Mean Sq	F	P value
<i>Copaifera oblongifolia</i>	Altura	1	0,83	0,830	1,006	0,324
	CAP	1	57,4	57,40	2,137	0,155
	Largura da copa	1	11,6	11,61	0,932	0,343
<i>Macaireia radula</i>	Altura	1	0,068	0,068	0,182	0,673
	CAP	1	2,0	1,975	0,103	0,751
	Largura da copa	1	0,388	0,388	0,605	0,443

CAP: circunferência à altura do peito

Assimetria flutuante

As folhas dos indivíduos de *C. oblongifolia* não apresentaram os valores de LD-LE distribuídos normalmente ($W = 0,82038$, $p = 0,0001578$) e não teve desvio significativo do 0 ($t = 1,1405$, $p = 0,2634$). E em relação a *M. radula*, os valores de LD-LE encontrados também não foram normalmente distribuídos ($W = 0,80543$, $p = 0,0001702$), e não desviou significativamente do 0 ($t = -0,95071$, $p = 0,3505$).

Compostos foliares

Em relação aos compostos analisados nas folhas, a condição ambiental das veredas não influenciou na concentração de clorofilas, flavonóis e nitrogênio foliar dos indivíduos de *C. oblongifolia* e *M. radula* (Tabela 2).

Tabela 2 Análises de variância para testar a concentração dos compostos foliares nas espécies *Copaifera oblongifolia* e *Macaireia radula* em veredas com diferentes aspectos de conservação localizadas no Norte de Minas, Brasil

Planta	Variáveis respostas	Df	Sum Sq	Mean Sq	F	P value
<i>Copaifera oblongifolia</i>	Clorofilas	1	7,9	7,874	0,343	0,563
	Flavonóis	1	0,0	0,002	0,641	0,43
	Nitrogênio	1	7,1	7,083	0,434	0,515
<i>Macaireia radula</i>	Clorofilas	1	86,5	86,54	3,471	0,073
	Flavonóis	1	0,2	0,1907	1,178	0,287
	Nitrogênio	1	19,4	19,36	0,548	0,465

Discussão

Os resultados indicam que os parâmetros e a época analisados deste estudo, relacionadas a estrutura das plantas, tais como a arquitetura e o nível de AF, não foram influenciadas pelo nível secamento da vereda. O mesmo padrão parece ocorrer na concentração de compostos foliares, pois não foi encontrado variação significativa entre as plantas da vereda preservada e da vereda em avançado nível de secamento, para ambas as espécies analisadas. Esses resultados podem ter acontecido devido que o mês anterior da coleta houve a ocorrência de chuva, fazendo que as pressões ambientais oriundas do estresse hídrico surjam nenhum efeito nas plantas deste estudo.

Estudos prévios indicam diferenças estruturais entre plantas de veredas sob diferentes níveis de perturbação ambiental (e.g. Bahia et al. 2009a; Guimarães et al. 2002). Por exemplo, Guimarães et al. (2002), demonstraram que as plantas localizadas na vertente preservada da vereda possuíam uma altura média maior quando comparada com as plantas presentes na vertente antropizada. A principal explicação utilizada pelos autores é o pastejo de gado que é maior nas áreas antropizadas, removendo a vegetação. No presente estudo, não foram observadas diferenças estruturais relacionadas à altura, circunferência do caule e largura da copa entre as plantas presentes nas veredas sob diferentes condições hídricas. Uma possível

explicação para isso é que as plantas analisadas possuem uma grande variação intraespecífica, com os indivíduos apresentando uma variação estrutural grande dentro da população.

A AF foliar vem sendo mostrada como um indicador que responde positivamente a vários tipos de estresse ambiental, como por poluição, disponibilidade de luz, fogo (Alves-Silva and Del-Claro 2013; Moura et al. 2017; Mendes et al. 2018). No entanto, algumas espécies de plantas parecem ter seu padrão de simetria regulado geneticamente, não apresentando AF (Graham et al. 2010). Esse parece ser o caso das plantas estudadas no presente estudo pois em contrastes com a expectativa de que a assimetria flutuante aumentaria sob condição de estresse, não foi detectada a existência de AF foliar em *C. oblongifolia* e *M. radula*. E se o fator ambiental não afetar significativa as características relacionadas no condicionamento físico da planta, então não se espera que tenha resultado significativo em relação a AF (Beasley et al. 2013). Outra hipótese seria que outro órgão estrutural da planta, por exemplo flor, pode estar sofrendo mais efeito do estresse que a folha, devido que as folhas podem apresentar uma forte plasticidade fenotípica em seu formato, causando o anulamento dos efeitos da instabilidade no desenvolvimento da planta (Sandner and Matthies 2017). Deste modo, características presentes na mesma espécie podem apresentar diferenças no desenvolvimento afim de responderem a pressões existentes no ambiente. Dessa forma, os resultados não evidenciam diferenças estruturais nas folhas, de ambas as espécies, em áreas de veredas preservadas e em estágio avançado de secamento.

No presente estudo a concentração dos compostos vegetais não diferiram entre as plantas de *C. oblongifolia* e de *M. radula*. É esperado que, em resposta ao estresse hídrico, a concentração de clorofila tende a diminuir, devido esse pigmento tem sua diminuição para que os carotenoides auxiliem na proteção contra danos no aparato fotossintético (Lacerda and Mapeli 2021) E como ocorre uma alta correlação de nitrogênio foliar com os pigmentos fotossintetizantes, devido que o nitrogênio está incorporado na molécula da clorofila (Dos Santos et al. 2019), ocorre a diminuição na concentração do nitrogênio também. No entanto, esse padrão não foi encontrado no nosso trabalho, uma vez que, não houve diferença na quantidade de nitrogênio e de clorofilas nos indivíduos das espécies entre as veredas. Acredito que este resultado tenha sido por causa da chuva ocorrente no mês anterior da coleta na área da vereda degradada como mostrado na figura 1. Com esse evento houve o aumento da disponibilidade hídrica fazendo com que as plantas conseguissem absorver água e nutrientes, e consequentemente não afetando os processos fisiológicos. Assim, com esse fator ocorrendo no

ambiente pode fazer com que os níveis de nitrogênio e clorofila dos indivíduos da vereda alterada seja parecido com dos indivíduos da vereda preservada. Desse modo, o fator chuva no ambiente de vereda alterada promove a diminuição do estresse hídrico, desta forma não causando nenhum tipo de dano nos processos fotossintéticos.

Estudos prévios indicam que as plantas tendem a diminuir os níveis de flavonóis em resposta ao estresse hídrico, pois com a presença deste estresse ocorre a redução das enzimas das vias do chiquímico e do fenilpropanóide e com isso não ocorre a produção de determinado flavonóis (Sánchez-Rodríguez et al. 2011). Esse padrão não foi corroborado no presente estudo, dado que também não houve diferença de níveis de flavonóis entre as veredas. Como em nenhuma vereda teve mudança na concentração de clorofila, que resultaria na alteração nos processos fotossintéticos, a planta não tem necessidade de acumular os flavonóis para agir no processo de fotoproteção dos processos fotossintéticos.

Conclusão

Neste estudo as características estruturais (altura da planta, CAP e largura da copa), os compostos vegetais (clorofilas, nitrogênio e flavonóis) e a assimetria flutuante foliar das espécies *C. oblongifolia* e *M. radula* não diferiram entre as veredas com diferentes níveis secamento. Esses resultados sugerem que o estresse hídrico presente nas áreas foi diminuído em efeito a chuva que ocorreu mês anterior a coleta, afetando as nossas mensurações nas duas espécies. Com isso, sugiro estudos no local em outras épocas do ano, ou novos estudos com diferentes abordagens analíticas (e.g. análises histoquímicas, fotoquímicas laboratoriais), outras localidades (e.g. outras veredas com diferentes níveis de secamento) ou mesmo outras espécies de plantas, para verificar se esse padrão se repete em outros sistemas.

Referências

- Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM, Sparovek G (2013) Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol Z* 22:711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Ávila MA, Mota NM, Souza SR, Santos RM, Nunes YRF (2021) Diversity and structure of natural regeneration in swamp forests in Southeastern Brazil. *Floram* 28:1-7. <https://doi.org/10.1590/2179-8087-FLORAM-2019-0110>

- Bahia TDO, Luz GR, Braga LL, Menino GCO, Nunes YRF, Veloso MDM, Neves WV, Santos RM (2009a) Florística e fitossociologia de veredas em diferentes estágios de conservação na APA do Rio Pandeiros, norte de Minas. MG, Biota 2:14-21
- Bahia TDO, Luz GR, Veloso MDM, Nunes YRF, Neves WV, Braga LL, Lima PCV (2009b) Veredas na APA do Rio Pandeiros: importância, impactos ambientais e perspectivas. MG, Biota 2:4-13
- Bastos LA, Ferreira IM (2010) Composições fitofisionômicas do bioma Cerrado: estudo sobre o subsistema de Vereda. Espaço em Revista 12:97-108. <https://doi.org/10.5216/er.v12i1.17656>
- Beasley DAE, Bonisoli-Alquati A, Mousseau TA (2013) The use of fluctuating asymmetry as a measure of environmentally induced developmental instability: A meta-analysis. Ecol. Indic 30:218-226
- Bezerra AS, Nörnberg JL, Lima FO, Rosa MB, Carvalho LM (2013) Parâmetros climáticos e variação de compostos fenólicos em cevada. Ciênc. Rural 43:1546-1552. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013000900003>
- Borges MG, Nunes YRF, Leite ME (2021) Veredas do Norte de Minas Gerais: Identificação e caracterização por meio do sensoriamento remoto. Geonordeste 1:44-59. <https://doi.org/10.33360/RGN.2318-2695.2021.i1.p.44-59>
- Campos AJM, Santos SM, Nacarath IRFF (2021) Water stress in plants: a review. Res Soc Dev 10: e311101523155. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i15.23155>
- Cornelissen T, Stiling P (2005) Perfect is best: low leaf fluctuating asymmetry reduces herbivory by leaf miners. Oecologia 142:46–56. <http://doi.org/10.1007/s00442-004-1724-y>
- Costa JAS (2007) Estudos taxonômicos, biossistemáticos e filogenéticos em *Copaifera* l. (Leguminosae – Detarieae) com ênfase nas espécies do Brasil extra-amazônico Dissertação, Universidade Estadual de Feira de Santana
- Costa JAS (2020) *Copaifera* in Flora do Brasil 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. <http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB82968>. Acessado 06 Out 2021
- Cuevas-Reyes P, Gilberti L, González-Rodríguez A, Fernandes GW (2013) Patterns of herbivory and fluctuating asymmetry in *Solanum lycocarpum* St. Hill (Solanaceae) along an urban gradient in Brazil. Ecol Indic 24:557-561. <http://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.08.011>
- Dos Santos PLF, Castilho RMM, Gazola RPD (2019) Pigmentos fotossintéticos e sua correlação com nitrogênio e magnésio foliar em grama bermuda cultivada em substratos. Acta Iguazu 8:92-101
- Dourado ACP, Sá-Neto RJ, Gualberto, SA, Corrêa MM (2016) Herbivoria e características foliares em seis espécies de plantas da Caatinga do nordeste brasileiro. Rev Bras Biociênc 14:145-151
- Ferreira MMM, Oliveira AHC, Santos NS (2008) Flavonas e flavonóis: novas descobertas sobre sua estrutura química e função biológica. Rev Agroambiente 2:57-60
- Freeman DC, Brown ML, Duda JJ, Graham YJH, Emlen JM, Krzysik AJ, Balbach HE, Kovacic DA, Zak JC (2004) Photosynthesis and fluctuating asymmetry as indicators of plant response to soil

- disturbance in the fall line sandhills of georgia: a case study using *Rhus copallinum* and *Ipomoea pandurata*. *Int J Plant Sci* 165:805-816. <https://doi.org/10.1086/421478>
- Freschet GT, Violle C, Bouger MY, Scherer-Lorenzen M, Fort F (2018) Allocation, morphology, physiology, architecture: the multiple facets of plant above- and below-ground responses to resource stress. *New Phytol* 219:1338–1352. <https://doi.org/0.1111/nph.15225>
- Graham JH, Raz S, Hel-Or H, Nevo E (2010) Fluctuating asymmetry: methods, theory, and applications. *Symmetry* 2:466-540
- Guimarães AJM, Araújo GM, Corrêa GF (2002) Estrutura fitossociológica em área natural e antropizada de uma vereda em Uberlândia, MG. *Acta Bot Bras* 16:317-329. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062002000300007>
- Lacerda VO, Mapeli AM (2021) Efeitos da sazonalidade sobre a fenologia e a fisiologia de *Parkia platycephala Benth* (Fabaceae, Caesalpinioideae) em área de Cerrado. *Cienc. Rural* 31:1344-1363. <https://doi.org/10.5902/1980509839111>
- Laurance WF, Nascimento HEM, Laurance SG, Andrade A, Ewers RM, Harms KE, Luizão RCC, Ribeiro JE (2007) Habitat Fragmentation, Variable Edge Effects, and the Landscape-Divergence Hypothesis. *PloS one* 2:e1017. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0001017>
- Maracahipes L, Carlucci M.B, Lenza E, Marimon BS, Marimon BH, Guimarães FAG, Cianciaruso M.V (2018) How to live in contrasting habitats? Acquisitive and conservative strategies emerge at inter- and intraspecific levels in savanna and forest woody plants. *Perspect Plant Ecol Evol Syst* 34:17-25. <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2018.07.006>
- Mendes G, Boaventura MG, Cornelissen T (2018) Fluctuating Asymmetry as a Bioindicator of Environmental Stress Caused by Pollution in a Pioneer Plant Species. *Environ Entomol* 47:1-6. <https://doi.org/10.1093/ee/nvy147>
- Mendes RMS, Lucena EMP, Medeiros JBLP (2015) Princípios de Fisiologia Vegetal 2ª Edição. EdUECE, Fortaleza.
- Moura RF, Alves-Silva E, Del-Claro K (2017) Patterns of growth, development and herbivory of *Palicourea rigida* are affected more by sun/shade conditions than by Cerrado phytophysiology. *Acta Bot Bras* 31(2): 286-294. <https://doi.org/10.1590/0102-33062016abb0446>
- Nakabayashi R, Saito K (2015) Integrated metabolomics for abiotic stress responses in plants. *Curr Opin Plant Biol* 10:10-16. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2015.01.003>.
- Nunes YRFN, Azevedo IFP, Neves WV, Veloso MDM, Souza RA, Fernandes GW (2009) Pandeiros: o Pantanal Mineiro. MG, *Biota* 2: 4-17

- Nunes YRFN, Souza CS, Azevedo IFP, Oliveira OS, Frazão LA, Fonseca RS, Santos RM, Neves WV (2022) Vegetation structure and edaphic factors in veredas reflect different conservation status in these threatened areas. *For Ecosyst* 9:100036. <https://doi.org/10.1016/j.fecs.2022.100036>
- Palacios C, Serra D, Torres P (2013) Papel ecológico dos metabólitos secundários frente ao estresse abiótico. In: Lopez AM, Nagai A, Faria A, Palacios C, Ilha C, Pikart FC, Katon G, Brasileiro JCB, Gagliardi KB, Santos KP et al. (ed) *Botânica no Inverno*, 2ª ed. São Paulo, São Paulo, pp 52-59
- R Core Team (2021) *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna.
- Ramos MVV, Curi N, Motta PEF, Vitorino ACT, Ferreira MM, Silva MLN (2006) Veredas do Triângulo Mineiro: solos, água e uso. *Cienc e Agrotecnologia* 30:283-293. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542006000200014>
- Sánchez-Rodríguez E, Moreno DA, Ferreres F, Rubio-Wilhelmi MDM, Ruiz JM (2011) Differential responses of five cherry tomato varieties to water stress: changes on phenolic metabolites and related enzymes. *Phytochemistry* 72:723-729. <http://dx.doi.org/10.1016/j.phytochem.2011.02.011>.
- Sandner TM, Matthies D (2017) Fluctuating asymmetry of leaves is a poor indicator of environmental stress and genetic stress by inbreeding in *Silene vulgaris*. *Ecol. Indic* 79: 247- 253
- Santos RF, Carlesso R (1998) Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. *Agriambi* 2:287-294. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v2n3p287-294>
- Shadrina EG, Vol'pert YL (2018) Experience of applying plant and animal fluctuating asymmetry in assessment of environmental quality in terrestrial ecosystems: Results of 20-year studies of wildlife and anthropogenically transformed territories. *Russ J Dev Biol* 49:23-35. <http://doi.org/10.1134/S1062360418010058>
- [Siebenka A, Schumacher, Roscher C \(2015\) Phenotypic plasticity to light and nutrient availability alters functional trait ranking across eight perennial grassland species. *AoBP* 7:1-15](#)
- Silva DN, Silva-Gonçalves KC, Rocha MJR (2020) *Macaírea* in Flora do Brasil 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. <http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB19634>. Acessado 06 Out 2021
- Sousa RF, Nunes OJL, Fernandes EP, Leandro WM, Campos AB (2011) Matéria orgânica e textura do solo em veredas conservadas e antropizadas no bioma Cerrado. *Rev Bras Eng Agríc Ambient* 15:861-866. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000800014>
- Streit NM, Canterle LP, Canto MW, Hecktheuer LHH (2005) As clorofilass. *Ciênc Rural* 35:748-755. <http://.doi.org/10.1590/S0103-84782005000300043>
- Taiz L, Zeiger E (2017) *Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal* 6ª Edição. Artmed, Porto Alegre.

Trautenmüller JW, Borella J, Lambrecht FR, Valerius J, Junior SC, Leschewitz R (2016) Influência de composto orgânico no desenvolvimento de *Ilex paraguariensis* St. Hilaire. Adv For Sci 3:55-58. <https://doi.org/10.34062/afs.v3i4.3721>

Zang U, Goisser M, Meyer N, Häberler K, Borker W (2021) Chemical and morphological response of beech saplings (*Fagus sylvatica* L.) to an experimental soil drought gradient. For Ecol Manag 498:1-11. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119569>

ANEXO 1 (incluir normas de submissão da revista)

Title Page

Please make sure your title page contains the following information.

Title

The title should be concise and informative.

Author information

The name(s) of the author(s)

The affiliation(s) of the author(s), i.e. institution, (department), city, (state), country

A clear indication and an active e-mail address of the corresponding author

If available, the 16-digit ORCID of the author(s)

If address information is provided with the affiliation(s) it will also be published.

For authors that are (temporarily) unaffiliated we will only capture their city and country of residence, not their e-mail address unless specifically requested.

Abstract

Please provide an abstract of 150 to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

For life science journals only (when applicable)

Trial registration number and date of registration for prospectively registered trials

Trial registration number and date of registration, followed by “retrospectively registered”, for retrospectively registered trials

Keywords

Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

Additional remark Abstract

The abstract must not exceed 250 words and must include all of the following points:

The explicit purpose of the study (clear aims and objectives)

The location of the study

A brief summary of the methodology used – including anything unusual

Key results

Main point/s of significance in terms of the field of plant ecology, including how it may be novel

Text

Text Formatting

Manuscripts should be submitted in Word.

Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.

Use italics for emphasis.

Use the automatic page numbering function to number the pages.

Do not use field functions.

Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.

Use the table function, not spreadsheets, to make tables.

Use the equation editor or MathType for equations.

Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions).

Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX. We recommend using Springer Nature's LaTeX template.

Headings

Please use no more than three levels of displayed headings.

Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables.

Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data). Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols.

Always use footnotes instead of endnotes.

Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section on the title page. The names of funding organizations should be written in full.

Additional remark Text

Text – double spaced, and line numbered using continuous line numbers throughout

Figures – one per page at end of manuscript, with a separate List of Captions prior to the figures

Tables – one per page at end of manuscript (before Figures), captions included above each table

References

Citation

Cite references in the text by name and year in parentheses. Some examples:

Negotiation research spans many disciplines (Thompson 1990).

This result was later contradicted by Becker and Seligman (1996).

This effect has been widely studied (Abbott 1991; Barakat et al. 1995a, b; Kelso and Smith 1998; Medvec et al. 1999, 2000).

Reference list

The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text.

Reference list entries should be alphabetized by the last names of the first author of each work.

Please alphabetize according to the following rules: 1) For one author, by name of author, then chronologically; 2) For two authors, by name of author, then name of coauthor, then chronologically; 3) For more than two authors, by name of first author, then chronologically.

If available, please always include DOIs as full DOI links in your reference list (e.g. “<https://doi.org/abc>”).

Journal article

Gamelin FX, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, Bosquet L (2009) Effect of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. *Eur J Appl Physiol* 105:731-738. <https://doi.org/10.1007/s00421-008-0955-8>

Ideally, the names of all authors should be provided, but the usage of “et al” in long author lists will also be accepted:

Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al (1999) Future of health insurance. *N Engl J Med* 965:325–329

Article by DOI

Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. *J Mol Med*. <https://doi.org/10.1007/s001090000086>

Book

South J, Blass B (2001) *The future of modern genomics*. Blackwell, London

Book chapter

Brown B, Aaron M (2001) The politics of nature. In: Smith J (ed) *The rise of modern genomics*, 3rd edn. Wiley, New York, pp 230-257

Online document

Cartwright J (2007) Big stars have weather too. IOP Publishing PhysicsWeb. <http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1>. Accessed 26 June 2007

Dissertation

Trent JW (1975) *Experimental acute renal failure*. Dissertation, University of California

Always use the standard abbreviation of a journal’s name according to the ISSN List of Title Word Abbreviations, see

ISSN LTWA

If you are unsure, please use the full journal title.

Tables

All tables are to be numbered using Arabic numerals.

Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.

For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.

Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.

Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.