

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS DO PONTAL

CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Assimetria Flutuante em *Qualea grandiflora* Mart. (Vochysiaceae) em áreas remanescentes de cerrado *sensu stricto* com diferentes status edáficos

Amanda Marcelina Dutra

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Ciências Biológicas da
Universidade Federal de Uberlândia, para
obtenção do grau de Bacharel em Ciências
Biológicas.

Ituiutaba, MG

Junho - 2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS DO PONTAL

CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Assimetria Flutuante em *Qualea grandiflora* Mart. (Vochysiaceae) em áreas remanescentes de cerrado *sensu stricto* com diferentes status edáficos

Amanda Marcelina Dutra

Prof. Dr. Marcelo Henrique Ongaro Pinheiro

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Ciências Biológicas da
Universidade Federal de Uberlândia, para
obtenção do grau de Bacharel em Ciências
Biológicas.

Ituiutaba, MG

Junho - 2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço à toda minha família, especialmente meus pais Luciene e Acácio e meu irmão Leonardo, que apesar de todas as dificuldades sempre me apoiaram e incentivaram, dedicaram tempo para conselhos, amor para consolos e recursos para que cursasse minha graduação, amo vocês.

Ao meu Orientador Dr. Marcelo, por ter aceitado e acreditado no meu potencial como orientanda, pela dedicação, paciência, comprometimento, profissionalismo, desde as idas ao campo e aos conhecimentos teóricos e práticos repassados com muita sabedoria, minha eterna admiração.

Aos integrantes da banca avaliadora Professor Dr. Lucas Rocha e Dra. Juliana Povh, por aceitarem o convite e pela dedicação e comprometimento com a avaliação desse trabalho.

Não poderia deixar de agradecer aos meus amigos e amigas de graduação, que foram presentes para vida toda, Maria, Natália, Abu, Isadora, Lorraine e Samuel. Vocês tornaram essa jornada extremamente emocionante e divertidíssima. Lembrarei sempre dessa turma. Adoro vocês!

Agradeço ao discente e amigo Felipe Naves, que ajudou em todos os processos da realização desse estudo, desde a coleta de dados e análise dos resultados.

Às minhas primas Escarlet e Letícia, por compartilharem ideias sempre me motivando e apoiando, além de fazerem parte das minhas melhores manhãs na graduação. Amo vocês!

Á meu companheiro Rafael, por sempre me apoiar nas minhas tomadas de decisões partilhar conselhos e por ter me incentivado, pelo carinho, amor e conforto. Amo você!

Agradeço também a todo o corpo docente do curso de Ciências Biológicas, pelos ensinamentos e por inspirarem profissionalmente. Em especial minhas orientadoras de estágio e monitoria Dra. Luciana Karen Calábria e Dra. Karine Rezende de Oliveira.

Obrigada Deus por me permitir colher tantas dádivas com essa trajetória que está encerrando e que vai deixar muitas saudades, eternamente grata por ter cursado na Universidade Federal de Uberlândia, Campos Ituiutaba e a todos que de alguma forma me ajudaram a conseguir tal mérito.

APRESENTAÇÃO

O formato deste Trabalho de Conclusão de Curso obedecer às normas aprovadas pelo Curso de Ciências Biológicas do Instituto de Ciências Exatas e Naturais do Pontal da Universidade Federal de Uberlândia. Este trabalho foi redigido como artigo científico, em português, respeitando as normas da Revista Ciência Florestal, as quais podem ser acessadas no endereço eletrônico:

<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/about/submissions#authorGuidelines>

RESUMO

Assimetria Flutuante (AF) é uma medida amplamente empregada para aferir a instabilidade de desenvolvimento em animais e plantas. As plantas são influenciadas por fatores que podem causar estresse, como deficiência nutricional e toxicidade ao alumínio. Os estresses genéticos e ambientais interferem no desenvolvimento, levando características fenotípicas a flutuarem acima da variação natural. Nesse sentido, o objetivo do trabalho foi investigar os efeitos da AF no desenvolvimento de *Qualea grandiflora* (Vochysiaceae) em dois ambientes de cerrado *sensu stricto* com status edáficos por influência de afloramento de rocha calcária e arenítica. Vinte árvores foram selecionadas em cada área, localizados na zona rural de Ituiutaba, Minas Gerais; nomeadas como solo calcário (área 1) e solo arenítico (área 2). Um total de 800 folhas foram coletadas, sendo 20 por indivíduo. As folhas foram escaneadas e processadas pelo programa Image J, quantificando as larguras direita e esquerda, tendo a nervura central como referência. Após tabular os dados em planilhas, foram analisados no programa estatístico RS Studio, utilizando o teste de normalidade de Lilliefors para verificar a presença de AF e o Teste-T para comparar as amostras. Para todos os caracteres, as diferenças entre os lados das folhas apresentaram normalidade de distribuição, indicando que valores positivos e negativos de assimetria se anulam e não se desviam significativamente de zero. Não houve diferença na AF e nervura central entre os ambientes ($T=0,17372$ e $p=0,863$). Não foi possível identificar influência de baixos teores de alumínio no solo calcário em níveis de AF, conforme as expectativas, apesar da espécie ser acumuladora de alumínio. Os resultados sugerem, tendo como base os índices morfológicos utilizados que *Q. grandiflora* não tem muitas restrições às variações apresentadas, e o transporte de nutrientes não foi afetado pelas condições do ambiente e, portanto, as folhas em ambos os ambientes se desenvolveram de maneira similar e com tamanhos semelhantes.

Palavras-chaves: Fatores edáficos; afloramento rochoso; estresse nutricional.

ABSTRACT

Floating Asymmetry (AF) is a measure widely used to assess developmental instability in animals and plants. Plants are influenced by factors that can cause stress, such as nutritional deficiency and aluminum toxicity. Genetic and environmental stresses interfere with development, causing phenotypic traits to fluctuate above natural variation. In this sense, the objective of the work was to investigate the effects of PA on the development of *Qualea grandiflora* (Vochysiaceae) in two cerrado *sensu stricto* environments with edaphic status influenced by limestone and sandstone outcrops. Twenty trees were selected in each area, located in the rural area of Ituiutaba, Minas Gerais; named as limestone soil (area 1) and sandstone soil (area 2). A sum of 800 leaves were collected, 20 per individual. The leaves were scanned and processed by the Image J program, quantifying the right and left widths, using the central rib as reference. After entering the data in data sheets, they were analyzed in the RS Studio statistical program, using the Lilliefors normality test to verify the presence of FA and the T-test to compare the samples. For all characters, the differences between the sides of the leaves presented normal distribution, indicating that positive and negative asymmetry values cancel each other out and do not deviate significantly from zero. There was no difference in FA and midrib between environments ($T=0.17372$ and $p=0.863$). It was not possible to identify the influence of low aluminum contents in the limestone soil on PA levels, as expected, despite the species being aluminum accumulator. The results suggest, based on the morphological indices used that *Q. grandiflora* does not have many restrictions to the variations presented, and the transport of nutrients was not affected by the conditions of the environment and, therefore, the leaves in both environments developed in a similar way and with similar sizes.

Keywords: Edaphic factors; rocky outcrop; nutritional stress.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
MATERIAIS E MÉTODOS	13
Área de estudo	13
<i>Características físico-químicos dos solos</i>	15
<i>Espécie Estudada</i>	17
<i>Amostragem e medições</i>	18
<i>Análises Estatísticas</i>	20
RESULTADOS E DISCUSSÕES	21
<i>Validação da existência de assimetria flutuante</i>	21
<i>Assimetria flutuante e relações edáficas</i>	23
CONCLUSÃO	25
REFERÊNCIAS	26
ANEXO 1. Normas da Revista	36
.....	38

INTRODUÇÃO

O Cerrado brasileiro apresenta multiplicidade em habitats, além de apresentar distintas formações vegetais e vasta pluralidade de espécies. Além disso, segundo Klink & Machado (2005, p.147) “é um dos ‘hotspots’ para a conservação da biodiversidade mundial”, pois, apresenta elevado grau de endemismo e encontra-se ameaçado (AGUIAR *et al.*, 2004). Uma das características relevantes desse bioma são os solos pouco férteis (baixa disponibilidade de nutrientes), apresentando saturação de alumínio (Al) e acidez elevadas (LOPES; COX 1977; RATTER *et al.*, 2006; HARISADAN, 2008). “O Al^{3+} , por sua vez, é um dos componentes mais importantes da acidez potencial do solo porque reage com a água, liberando íons H^{+} ”. (ECHART; CAVALLI-MOLINA, 2001, p. 532). Assim, em solos ácidos ($\text{pH} < 5,0$), encontra-se solubilizado o alumínio, no qual, a forma solúvel (Al^{3+}) é disponível para as plantas. Algumas espécies são intolerantes a níveis elevados de alumínio ou até mesmo na ausência do elemento ocasionando instabilidade no desenvolvimento da planta, prejudicando seu crescimento, através de danos ao sistema radicular, necrose nas folhas, além de ser, um fator limitante em plantas cultivadas (MATSUMOTO, 2000; VARDAR; ÜNAL, 2007; KOCHIAN, 1995; NOGUEIRA, 2018; ECHART; CAVALLI-MOLINA, 2001).

De acordo com Ribeiro e Walter (2008, p. 94), “[...] a vegetação do bioma Cerrado apresenta fisionomias que englobam formações florestais, savânicas e campestres”. Assim, em uma mesma região com formações típicas de Cerrado, podemos encontrar, singularidades em suas características das comunidades. A ocorrência de transições entre tipos vegetacionais, são ocasionadas por influência de fatores ambientais, como o solo, que definirão o tipo de formação vegetal que será predominante.

No Cerrado especificamente, segundo Haridasan (2000, p. 54), “[...] ocorrem variações na composição florística, fitossociologia e produtividade desses ecossistemas naturais, devido

às variações na fertilidade e nas características físicas dos solos [...]”. Assim muitos estudiosos tentam entender a dinâmica do potencial adaptativo das espécies nativas, principalmente com intuito de agregar ao setor agrícola.

Os solos do Cerrado, conforme (AB’SÁBER, 2017, p. 44), possuem a “predominância de latossolos, tanto para áreas sedimentares como para terrenos cristalinos ou cristalofílicos e eventuais exposições de basaltos”. Também é encontrado em menor proporção solos rasos com afloramentos rochosos ricos em minérios, ou seja, Neossolos (EITEN, 1972; REATTO *et al.*, 1998; ALVES, 2017). Há poucas descrições de ocorrências de cerrado *sensu stricto* sobre afloramento calcário, porém, trabalhos publicados por Alves *et al.* (2018) e Alves *et al.* (2021), relatam áreas com a presença de afloramentos de calcita e de arenito. Nesses dois afloramentos, encontra-se vegetação de cerrado *sensu stricto* com populações de espécies comuns em ambas as áreas. Fato interessante, pois, as condições edáficas são fatores de interferência importantes desse bioma, principalmente pela disponibilidade de nutrientes, a presença de metais e acidez elevada, provocando efeitos negativos para o crescimento de muitas espécies vegetais do Cerrado (HARISADAN, 2008; BRENNER; SPERISEN, 2013).

As espécies vegetais estão sujeitas a diversos fatores que podem desencadear estresses, aumentando a instabilidade no desenvolvimento, levando a padrões fenotípicos atípicos (LARCHER, 2006; PALMER, 1996, 1999). Espécies com maior plasticidade fenotípica apresentam uma alta capacidade de se adaptar e responder a diferentes variações ambientais. As plantas possuem diferentes características que permitem ampliar sua resistência a alterações ambientais, como, por exemplo, ajustar sua capacidade de extrair e acumular nutrientes, alterando a produtividade tecidual de revestimento e sustentação, e manutenção da biomassa vegetal (CIANCIARUSO *et al.*, 2006).

Entre os elementos químicos que as plantas conseguem acumular podemos citar o alumínio (Al), sendo que algumas dessas espécies acumuladoras de alumínio são nativas da vegetação do Cerrado, e foram descritas pela primeira vez por Haridasan (1982). Em relação a toxicidade do alumínio, segundo Oliveira *et al.* (2019, p. 7), “a tolerância ao Al pode ser agrupada em dois mecanismos: tolerância interna e tolerância externa”. Assim as espécies podem fixar o metal internamente nas raízes e na parte aérea (folhas) ou excluir o alumínio por metabolismos de imobilização (HARISADAN, 2008). Dentre às famílias acumuladoras de alumínio no Cerrado, temos, Vochysiaceae, Rubiaceae, Symplocaceae e Melastomataceae. (HARISADAN, 1982; ANDRADE *et al.*, 2011; SOUZA *et al.*, 2015). Espécies acumuladoras de alumínio, pertencentes à família Vochysiaceae, possuem importantes exemplares na vegetação do cerrado *sensu stricto*, como é o caso de *Qualea grandiflora* Mart. (MELO, 2016).

Ao contrário de espécies cultivadas, algumas espécies do Cerrado, possuem benefícios em solos com teores altos de alumínio, ou seja, o elemento é importante para o desenvolvimento dessas espécies, como é o caso de *Q. grandiflora* (HARISADAN, 1987; SILVA, 2012; MELO, 2016, que pode apresentar sinais cloróticos caso não absorvam Al suficiente. (MELO, 2016). Ou seja, as folhas dessa espécie desenvolvidas com ausência do metal, apresentaram manchas amareladas e desbotadas. Curiosamente, apesar disso, a espécie não é restrita a solos ácidos, ocorrendo em solos distróficos e mesotróficos, assim como em solos eutróficos, como o presente em afloramentos calcários (HARIDASAN, 1987; LORENZI, 2000; ALVES, 2017). Contudo, a relação fisiológica do Al em *Q. grandiflora* ainda é pouco compreendida (MELO, 2016; SILVA, 2012).

Por esse motivo, visando entender a influência do Al para espécies acumuladoras desse metal, como *Q. grandiflora*, foi utilizada a técnica de assimetria flutuante (AF), que analisa o estresse manifestado através de pequenas variações entre dois lados contrários em estruturas simétricas, de organismos bilaterais proposto por Ludwing (1932). Essa técnica também pode

ser utilizada em plantas, para se verificar possíveis anormalidades ou padrões de desenvolvimento foliar (CORNELISSEN; STILING, 2005, 2010). “Para plantas, a AF é normalmente medida através de desvios de um eixo de simetria, normalmente usando-se a nervura central ou distâncias entre nervuras periféricas como eixos de referência (MENDES, 2014, p. 9)”. Existem também outros tipos de assimetria, como é o caso da assimetria direcional e antissimetria. (LEARY; ALLENDORF, 1989; PALMER; STROBECK, 1982).

As alterações na simetria são consequências de falhas em genótipo ou fenótipo, resultando em distúrbios aleatórios não esperados (MOLLER; SWADDLE, 1997). Assim, desvios no crescimento bilateral normal de uma folha, pode refletir a instabilidade no desenvolvimento ocasionada por estresse, podendo ser analisada pela técnica da AF (GRAHAM *et al.*, 2010). Em condições normais, os lados de uma folha devem manter padrões de simetria, porém, em certas situações, podem variar por influência de fatores ambientais, herbivoria, poluentes, sombras, alta concentração de metais no solo, entre outros, e genéticos, desencadeando alterações morfológicas (ALADOS *et al.*, 2002; PEREIRA, 2011).

Sabe-se que a AF é um parâmetro considerado como um biomarcador do estresse, e é usada consistentemente para o monitoramento populacional, apontando variações morfológicas e anatômicas no desenvolvimento das plantas (MENDES, 2014; KLINGENBERG, 2015; TORREZ-TERZO; PAGLIOSA, 2007). Permitindo, além disso, comparações entre indivíduos e população, por isso, a ampliação das informações sobre padrões vegetacionais de espécies vegetais nativas do Cerrado. Assim, o presente trabalho testou, através da AF, o potencial adaptativo de duas populações de *Q. grandiflora* Mart., localizadas em duas áreas remanescentes de cerrado *sensu stricto*, apresentando duas condições edáficas distintas influenciadas por afloramento calcário e outro arenítico.

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo verificar a ocorrência de possível estresse, através de variações da simetria das folhas de duas populações de *Q. grandiflora*, uma em solo calcário e outra em solo arenítico. A hipótese considerada foi que a presença do calcário eleva a AF nas folhas, em relação ao solo arenítico, devido ao fato de diminuir os teores de Al edáfico, o que deve ocasionar maior estresse à população de *Q. grandiflora*, espécie acumuladora de alumínio. Espera-se, portanto, que a AF seja mais frequente, nas folhas dos espécimes da população em solo calcário, do que poderemos observar no afloramento arenítico.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado na região do Triângulo Mineiro, na zona rural de Ituiutaba, estado de Minas Gerais (18° 57'36"S e 46° 27'36"W). Especificamente, em dois fragmentos próximos e adjacentes de cerrado *sensu stricto*, que representam aproximadamente 50 hectares, de área total. O local é de difícil acesso e encontra-se em uma fazenda particular, conhecida como Fazenda Escala. Em seu entorno, foi possível verificar áreas de pastoreio e agricultura (gado leiteiro e culturas de seringueiras). A região está inserida no bioma Cerrado, abrangendo diferentes aspectos de vegetação, como, por exemplo, cerrado *sensu stricto* e florestas estacionais decíduais ou semidecíduas (IBGE, 2012; ALVES, 2017). Já o clima, possui duas estações bem definidas, verão chuvoso e inverno seco, sendo classificado como Aw - tropical (ALVARES *et al.* 2014; ALVES, 2017).

A região do estudo encontra-se no topo de uma Serra, próxima da encosta. Ou seja, ocorre no platô em local mais elevado. Nos solos das duas áreas ocorrem afloramentos de rochas, indicado a presença de Neossolos (Benedetti *et al.* 2011; IBGE 2007; ALVES, 2017), que segundo Martins e Costa (2014, p. 177), “caracterização física indica que o relevo regional

é resultado da evolução da Bacia do Paraná, mostrando-se relativamente homogêneo, cuja morfologia encontra-se caracterizada por chapadas”.

Segundo Alves (2017, p. 54), os remanescentes são identificados como a “área 1 (19°03’444’’ S e 049°26’398’’ W) apresenta predomínio de calcário (calcita), enquanto a área 2 (19°03’695’’ S e 049°25’982’’ W) apresenta predomínio de arenito”. (Figura 1). As imediações das áreas de estudo, apresentam terrenos desnivelados, solo raso e acidentado com abundância de seixos aflorando dos fragmentos de rochas.

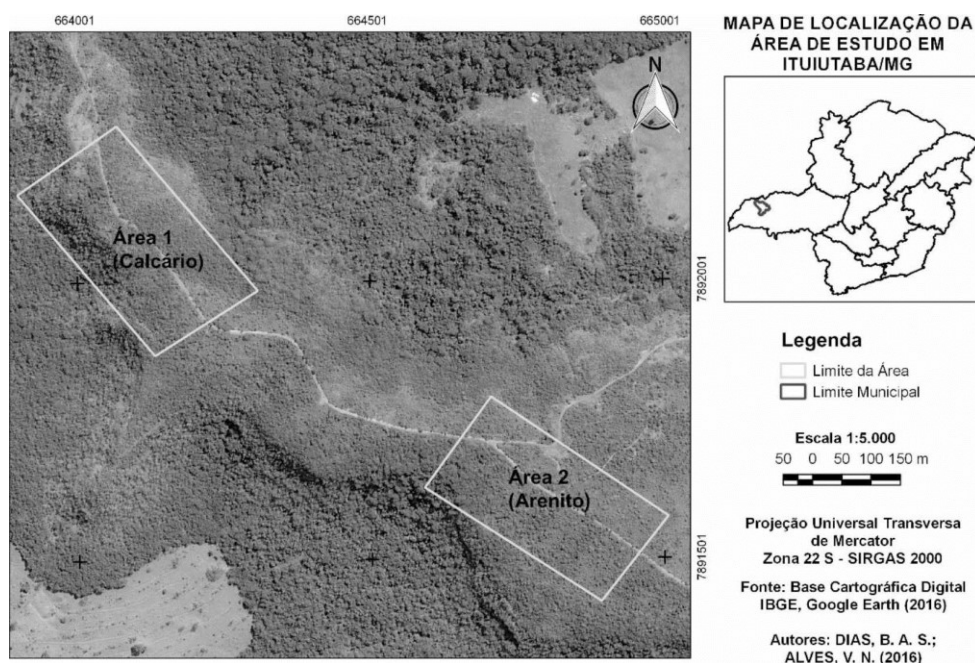


Figura 1: Mapa de localização das áreas de estudo - solo calcário (área 1) e solo arenítico (área 2) modificado de Alves (2017).

As duas áreas não formam dossel fechado, porém nota-se que apesar de ambas apresentarem um estrato herbáceo abundante, a vegetação arbustiva arbórea difere entre elas, sendo que, a área 1, com influência de calcário, apresenta um cerrado *sensu stricto* denso com maior presença de extrato arbóreo e menor ocupação por herbáceas (Figura 2). A área 2, por sua vez, com influência de arenito, apresenta-se como um cerrado *sensu stricto* típico (estrato

arbustivo-arbóreo menos predominante), ou seja, área 1 possui maior cobertura de lenhosas do que área 2 (ALVES, 2017).



Figura 2: Vegetação da área 1 afloramento calcário (Registro pessoal).

Além das espécies de Vochysiaceae encontradas nos locais, como a *Qualea grandiflora* e *Qualea parviflora*, ocorrem ainda espécies das famílias malváceas, melastomáceas, entre outras, citadas por Alves (2017, p. 17), como, por exemplo, *Miconia albicans* (Sw.) Steud. (Melastomataceae), *Luehea paniculata* Mart. (Malvaceae), *Roupala montana* Aubl. (Proteaceae), *Callisthene fasciculata* Mart. (Vochysiaceae), *Terminalia argentea* Mart. & Zucc (Combretaceae) e *Ouratea hexasperma* (A. St.-Hil.) Baill (Ochnaceae).

Características físico-químicos dos solos

O estudo foi realizado em duas áreas contendo remanescentes de cerrado *sensu stricto*, com características de solos distintos, onde populações da espécie acumuladora de alumínio *Q. grandiflora* Mart. ocorrem naturalmente em ambas as áreas. A primeira área apresenta solo influenciado pela presença do mineral calcita em afloramentos rochosos, distribuído ao longo

do terreno como também observado por Alves (2017) e Alves *et al.* (2018). Uma vez que o elemento calcário eleva a capacidade de troca catiônica na solução edáfica (VITTI *et al.*, 2015), os nutrientes se tornam mais acessíveis às raízes, podendo aumentar a produtividade (HARISADAN, 2000).

A segunda área apesar de estar localizada próxima à primeira, apresenta características típicas de Neossolo com afloramento rochoso arenítico, observações de Alves *et al.*, (2017), indicaram os atributos químicos edáficos nas duas áreas do presente estudo (Tabela 3).

Tabela 3: Classificação dos atributos edáficos por áreas de estudo, modificado de Alves (2017), Área 1 (afloramento calcário) e Área 2 (afloramento arenítico); Os elementos, P (Fósforo), K (Pótassio), C (Carbono), Mg (Mágnésio), M.O. (Molibdênio) e pH .

		P	K	C	Mg	M.O.	pH
Referência	Área/Solo	mg.dm ⁻³	cmolc.dm ⁻³	cmolc.dm ⁻³	cmolc.dm ⁻³	dag.kg ⁻¹	H:O
Alves, 2017	Área 1 Cálcario	3,01	0,36	5,71	2,16	6,52	6,29
Alves, 2017	Área 2 Arenítico	0,53	0,15	0,88	0,61	2,71	5,17

Nota-se que as análises realizadas por Alves *et al.* (2017), demonstraram que as áreas de cerrado *sensu stricto* do presente estudo diferem entre si em termos edáficos. A fertilidade edáfica do “cerrado calcário” (área 1) apresentou caráter eutrófico, com valor médio de saturação por bases de 77 %. Já na área 2, o caráter edáfico foi definido como distrófico, com valor médio de saturação por bases de 29%, tendo como base para essas classificações critérios da EMBRAPA (2006).

Além disso, a área 1, sob influência do calcário, apresentou maiores teores de macronutrientes no solo, superiores aos observados na área 2. Dessa forma, a presença de calcita não só aumentou o pH, mas reduziu os teores de alumínio a níveis muito baixos,

possibilitando o aumento da disponibilidade de fósforo, potássio, cálcio e magnésio no solo calcário (ALLEN, 1964; VITTI *et al.*, 2015). A área 2, por sua vez, apresentou quantidade intermediária de macronutrientes.

Espécie Estudada

A espécie estudada, *Qualea grandiflora* Mart. (Vochysiaceae), é conhecida como “pau-terra” e “pau-terra-do-cerrado”, sendo comum no Cerrado (CORRÊA, 1978). Na região do estudo apresenta-se em abundância, sendo sua fácil sua identificação, o que permitiu amostragem de 40 indivíduos adultos. Esta espécie apresenta ampla distribuição pelo Cerrado, sendo encontrada em formações primárias e secundárias (FERREIRA *et al.*, 2001). Caracteriza-se por apresentar troncos tortuosos, casca descamante, folhas simples opostas e acuminadas (Figura 4), flores com pétalas glabras, formando cachos com coloração amarela localizadas no ápice. Sua floração ocorre nos meses chuvosos de novembro a janeiro, e seus frutos, disseminados pelo vento, são castanhos e lenhosos, amadurecendo de agosto a setembro (ANDRADE *et al.*, 2011; LORENZI, 2000; VIANNA, 2006).



Figura 4: Folhas simples e opostas de *Q. grandiflora* (Registro pessoal).

A espécie apresenta dinâmica foliar sazonal, desfolhamento no período seco, no mês de setembro. Os indivíduos adultos do estudo tiveram altura entre 3 e 6 metros, porém, podem chegar a 20 metros em florestas. Ocorre em regiões tropicais com terrenos bem drenados, abrangendo os estados da região Sudeste, Centro Oeste e Nordeste, e são comumente utilizadas em reflorestamento. (SILVA JÚNIOR, 2015; SANTOS; FERREIRA, 2012).

Outras características marcantes dessa espécie são acumular alumínio em suas estruturas, e sua adaptabilidade a condições típicas de cerrado, não possuindo muitas exigências ou restrições ao ambiente de savana, como por exemplo, condições edáficas com alta saturação de alumínio (Al) e baixa disponibilidade de nutrientes (HARISADAN, 1982; de ANDRADE *et al.*, 2011).

Amostragem e medições

Para testar os padrões de AF, foram selecionados, aleatoriamente, 40 indivíduos adultos de *Q. grandiflora* em março de 2020. Foram escolhidos 20 indivíduos em cada área, sendo nomeadas área 1 (solo calcário) e área 2 (solo arenito). Coletaram-se 20 folhas de cada indivíduo, totalizando uma amostragem de 800 folhas. Com auxílio de um podão de jardinagem, as folhas maduras foram coletadas no ápice das copas, onde recebem diretamente a luz solar, assim expostas nas mesmas condições (MOLLER, 1995). Sendo a altura um estimador de idade, segundo Mendes (2014), os exemplares adultos incluídos no estudo não tiveram altura inferior a 3 metros para impedir a possível variação na AF de acordo com a idade e tamanho dos indivíduos.

Em seguida, o material coletado foi colocado em sacos plásticos devidamente identificados e levados para o Laboratório de Botânica e Ecologia no Domínio Cerrado (LABEC - ICENP-UFU). No laboratório, as folhas de cada planta foram enumeradas e, no mesmo dia, ainda com as folhas frescas, foram digitalizadas através de registros fotográficos.

As imagens foram transferidas para um computador, no qual foram utilizadas para medições no software Image J[®], para medições das distâncias dos lados das folhas em relação à nervura central. Utilizando o mesmo programa, repetimos as medições em cem folhas sorteadas para comparar os valores obtidos e verificar a precisão dos dados, segundo Silva *et al.* (2016), essa abordagem é essencial em estudos com essa metodologia, pois, indica se as medições foram conduzidas com precisão suficiente. Desta maneira evitamos que haja erros de digitação, diminuindo erros nas observações. Todos os dados obtidos foram tabulados e expressados utilizando o Microsoft Office Excel.

As folhas, após os registros, foram secas em estufa para serem utilizadas em outros estudos. Não foram consideradas folhas danificadas por herbívoros, patógenos e outros fatores, para diminuir a interferência nos resultados e facilitar as análises. Utilizamos uma escala de 5 cm para padronizar as medições no programa (Figura 5).

A AF das folhas de *Q. grandiflora* foi calculada pela subtração dos lados opostos da folha, direito (LD) e esquerdo (LE), partindo da nervura central (NE) até a borda (Figura 5), conforme (CORNELISSEN; STILING, 2011; PALMER; STROBECK, 1986). Posteriormente, a variação de AF foi testada por meio da diferença média entre os dois lados. Por fim, calculamos a média dos resultados por indivíduo (PALMER; STROBECK, 1986; ZVEREV *et al.*, 2018). Essas medições segundo Zverev *et al.* (2018, p.285) justificam-se pela “[...] correlação positiva significativa entre a diferença absoluta no caráter entre as metades esquerda e direita da folha e o tamanho, enquanto os valores de AF corrigidos por tamanho eram independentes [...]”.

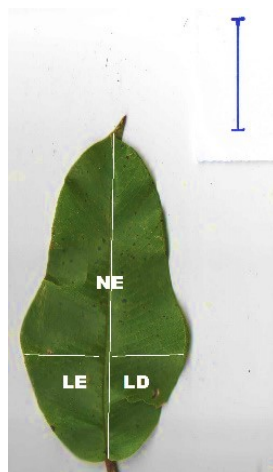


Figura 5: Scanner representando as medidas de assimetria na folha de *Q. grandiflora*. Lado direito (LD) e esquerdo (LE), a partir da nervura central (NE). (Arquivo pessoal).

Em estudos de AF é necessário estimar o erro de mensuração, pois, são muitos valores, esta é uma preocupação importante, por isso, o tamanho das amostras deve ser significante e com alta repetibilidade (GRAHAM *et al.*, 2010).

Análises Estatísticas

As análises foram realizadas pelo programa estatístico RS Studio (R. CORE TEAM, 2020). Para verificar a existência de padrões verdadeiros de AF, utilizou-se o teste de normalidade de Lilliefors, ou seja, padrão de AF ($>0,05$ como curva normal). Em seguida, a fim de verificar diferenças entre as amostras foliares de *Q. grandiflora*, dos cerrados em afloramento arenítico e calcário, utilizou-se teste paramétrico teste t, uma vez que os dados apresentaram distribuição normal. Para descartar a presença de antissimetria e assimetria direcional, foram gerados histogramas para verificar a distribuição gráfica dos dados, mostrando uma média igual a zero e o gráfico em forma de sino, ressaltando a existência da assimetria flutuante (PALMER, 1996; PALMER; STROPECK, 1986). No caso das medidas da nervura central das folhas, realizamos somente as médias por área a fim de comparar os resultados

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Validação de assimetria flutuante

Para todos os caracteres da espécie estudada, as diferenças entre LD e LE das folhas apresentaram assimetrias e valores positivos e negativos se cancelam e não se desviam significativamente de zero, assim, as frequências de AF e a curva do histograma (Figura 6) indicaram que todas as folhas amostradas de *Q. grandiflora* atenderam satisfatoriamente ao pressuposto de normalidade, ou seja, as medidas dos lados opostos das folhas possuem apenas diferenças sutis que aproximam-se de zero, indicando padronização do desenvolvimento foliar em ambas áreas de estudo.

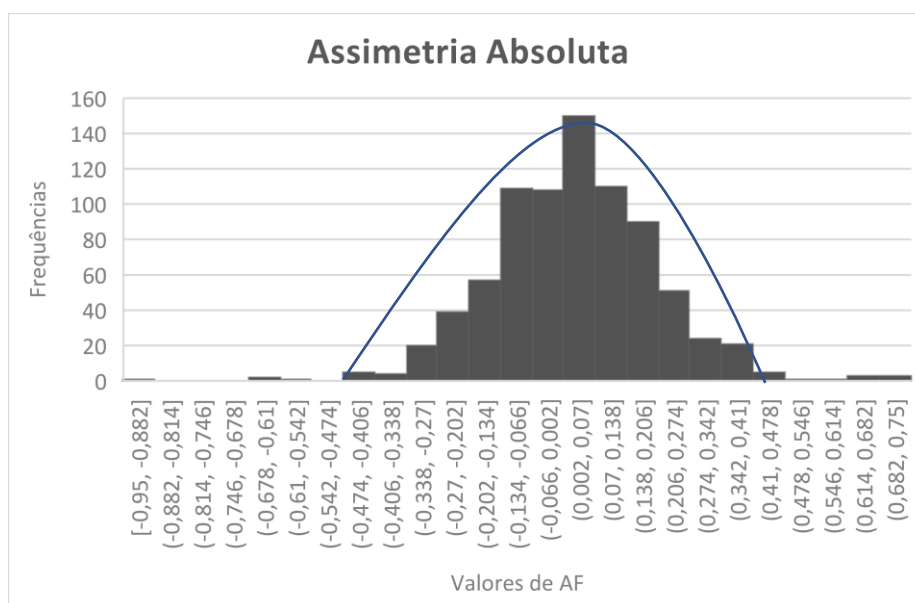


Figura 6: Histograma com as frequências das diferenças dos lados direito e esquerdo das folhas amostradas. Padrões gerais de AF em folhas de *Q. grandiflora*; valor médio de 0,029 cm e desvio padrão de $\pm 0,155$ cm.

O histograma da distribuição das diferenças entre os lados das folhas não apresentou desvios significativos (Figura 7). Os resultados do Teste de Normalidade de Lilliefors demonstraram que os desvios das medições sinalizaram a existência de assimetria flutuante ($P >$

0,05), mostrando que não há nenhuma evidência de simetria direcional ou antissimetria, sendo a área 1 com afloramento calcário ($T = 0.17449$; $p = 0.1138$) e área 2 afloramentos arenito ($T = 0.14673$; $p = 0.3122$). Todos os valores expressos estão em centímetros.

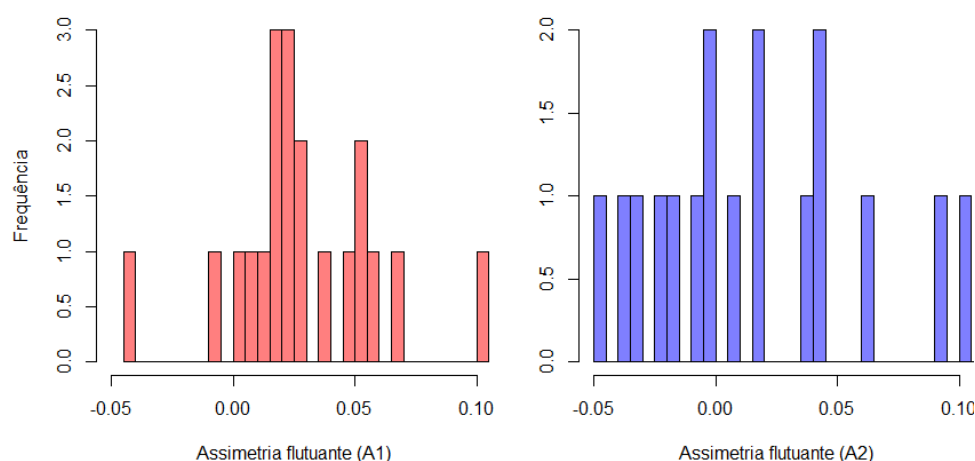


Figura 7: Histograma referente ao Teste de normalidade Lilliefors. Padrões de AF em folhas de *Q. grandiflora* ao longo de um gradiente edáfico; A1 (calcário), A2 (arenito).

Das 800 folhas medidas de *Qualea grandiflora*, apenas 4 foram perfeitamente simétricas ($LD-LE=0$), representando apenas 0,5% dos casos. O menor valor de AF encontrado foi zero e o maior valor 0,75 cm e a média 0,029 cm. A nervura central apresentou, na área 1, média igual a 14,654 cm já na área 2 apresentou 14,536 cm. Segundo Sandner e Matthies (2017, p.251) “as plantas podem ajustar o tamanho e a forma da folha em resposta ao ambiente e condições”. Por isso, medições de assimetria flutuante e nervura central, com os resultados acima são esperados, pois, nem sempre fatores individuais podem afetar diretamente a AF, sendo necessário outros em conjunto para ocasionar estresse, resultando em efeitos significativos para o desenvolvimento foliar (MENDES, 2014).

Assimetria flutuante e relações edáficas

Em relação aos níveis de assimetria flutuante apresentados pelas folhas de *Qualea grandiflora* em solo arenítico e calcário, observou-se que as duas amostras são proximamente relativas, o resultado paramétrico não apresentou desvios significativos ($T=0,17372$; $p=0,863$). Assim, não houve efeito significativo das condições edáficas, em relação aos solos em que se encontram, nos níveis encontrados de AF.

As folhas dos indivíduos amostrados, na área sob influência do afloramento arenito, apresentaram valor médio de $AF = 0,030$ cm, enquanto as folhas das plantas da área com afloramento calcário, apresentaram valor médio de $AF = 0,028$. Em seguida, observou-se que, apesar da diferença entre ambas ser pequena, o valor de AF encontrado no solo com arenito foi superior ao do solo calcário (Figura 8). Ao contrário de nossas expectativas, refutando a hipótese do estudo, pois, esperava-se que a AF fosse superior no solo calcário, devido à característica da espécie em acumular alumínio.

Provavelmente, o transporte de nutrientes não foi afetado pelas condições do ambiente, e a presença da calcita, e os níveis baixos de alumínio no solo da área 1, não foram suficientes para causar estresse nas plantas analisadas. Portanto, as folhas de ambos os ambientes se desenvolveram de maneira similar e com tamanhos semelhantes.

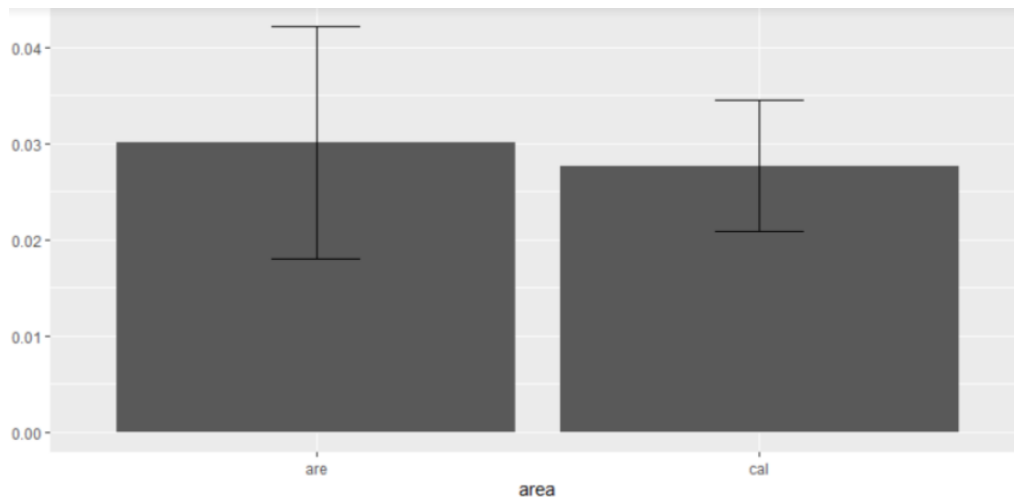


Figura 8: Gráfico de barras, com as frequências valores comparativos níveis de AF (assimetria flutuante), solo ARE (arenítico) e CAL (Calcário).

Ao contrário de algumas espécies que acumulam alumínio, o fato da espécie *Qualea grandiflora* possuir ampla distribuição em distintas classes de solos, pode ter facilitado sua adaptação a solos calcários, não determinando deformações morfológicas às folhas (HARISADAN; ARAÚJO, 1988). Ao contrário de outras espécies acumuladoras, conforme Silva (2012, p.24), “[...]parecem necessitar de Al para desenvolver, ou mesmo, serem incapazes de sobreviver na ausência de Al [...]”. Entre elas, segundo Haridasan (2000, p.61), *Vochysia thyrsoidea* e a *Miconia albicans*, por exemplo, não emergem em solos calcários, não sendo capazes de sobreviverem na ausência de alumínio.

Com os resultados obtidos, não conseguimos observar influências negativas manifestadas na simetria das folhas analisadas, em condições edáficas com afloramento calcário, que possui teores reduzidos de alumínio. Ressaltando que, a área 1 possui solo eutrófico, ou seja, fértil, podendo fornecer os nutrientes essenciais para o desenvolvimento da espécie. Assim, nas condições edáficas encontradas na área 1, a ocorrência de variações fenotípicas foliares foram reduzidas, supostamente resultado da capacidade da espécie de se manter em condições de baixos teores de Al edáfico.

Na literatura não foi possível encontrar estudos referentes à influência do calcário na assimetria flutuante de *Q. grandiflora*. Porém em, Reis (2013, p. 53), foi mencionado que, no Cerrado, “AF em folhas parece não ser um bom índice de monitoramento de estresse nutricional edáfico”, considerando a habilidade das plantas em controlar seu desenvolvimento sob condições adversas, podendo esse fenômeno estar relacionado, portanto, ao potencial adaptativo da *Q. grandiflora*.

Além da assimetria foliar, há outras respostas ao estresse, como diminuição da altura das plantas, diminuição na taxa de crescimento, alteração na composição das paredes celulares, redução na produção de sementes e ocorrência de necrose das folhas (KOZLOWSKI, 1997). Dessa forma, seria interessante investigar outras variáveis fisiológicas, como taxa fotossintética, taxa de absorção de radiação, crescimento radicular, herbivoria, compostos secundários, análises dos componentes químicos encontrados nas folhas ao longo da zona de ocorrência da espécie. Espera-se que os resultados aqui apresentados possam contribuir e complementar o conhecimento sobre fatores de estresse que afetam o desenvolvimento de *Q. grandiflora*.

CONCLUSÃO

Neste trabalho as diferenças edáficas entre as áreas estudadas não foram suficientes, para provocar discrepâncias nos valores de AF das folhas de *Q. grandiflora*. Os resultados obtidos não comprovaram que solos calcários afetam o desenvolvimento da espécie. Apesar disso, devemos considerar que a AF é uma ferramenta interessante, simples e de fácil utilização, apesar de trabalhosa, que pode ser empregada para a identificação de condições ambientais de estresse. No entanto, vale ressaltar que a utilização dessa ferramenta, exigiu muito tempo, por

ser um trabalho minucioso pelas informações necessárias e muitos dados, exigindo atenção redobrada nas coletas e medições.

Por fim, os resultados obtidos no presente trabalho podem ser utilizados juntamente com outros parâmetros, relacionando *Q. grandiflora* aos ambientes em que ocorre. Principalmente análises dos aspectos fisiológicos e fitoquímicos das folhas

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. O domínio dos cerrados: introdução ao conhecimento. **Revista Servidor Público**. Brasília – DF, 40 (4), p. 41-55, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.21874/rsp.v40i4.2144>.

AGUIAR, L. M. S.; MACHADO, R. B.; MARINHO-FILHO, J. A diversidade biológica do Cerrado. In: AGUIAR, L. M. S.; CAMARGO, A. J. A. (Eds.) **Cerrado: ecologia e caracterização**. Brasília: Embrapa, p.17-40, 2004.

ALADOS, C. L. *et al.* Instabilidade de desenvolvimento e aptidão em *Periploca laevigata* experimentando distúrbio de pastejo. **Int. J. Plant Sci.** 163, p. 163-969, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1086/342630>.

ALLEN, S. E. Chemical aspects of heather burning. **Journal of Applied Ecology**. v.1, n° 2, p.347-367, 1964. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/2401318>.

ALVARES, C. A. *et al.* Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorol Z**, n. 22, p. 711-728, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

ALVES, V. N. Ciclagem de nutrientes em cerrados sobre Neossolos calcário e arenítico. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) - Universidade

Federal de Uberlândia, Uberlândia, 90 f., 2017. Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2017.197>.

ALVES, V. N. *et al.* Decomposition of leaf litter in the Brazilian savanna on limestone and sandstone Neosols. **ECOSYSTEMS. Anais da Academia Brasileira de Ciências**. Rio de Janeiro, v. 3, n. 93, p. 1678-2692, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0001-3765202120200372>.

ALVES, V. N.; TORRES, J. L. R.; LANA, R.M.Q.; PINHEIRO, M. H.O. Nutrient cycling between soil and leaf litter in the Cerrado (Brazilian savanna) on eutrophic and dystrophic Neosols. **Acta Botanica Brasilica**, n. 2, p. 169-179, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-33062017abb0369>.

ANDRADE, L. R. A. *et al.* Al-Hyperaccumulator Vochysiaceae from the Brazilian Cerrado store aluminum in their chloroplasts without apparent damage. **Environmental and Experimental Botany**, n° 70, p. 37-42., 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2010.05.013>.

BENEDETTI, U. G. *et al.* Gênese, química e mineralogia de solos derivados de sedimentos plioleustocênicos e de rochas vulcânicas básicas em Roraima, Norte Amazônico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.L.], v. 35, n. 2, p. 299-312, 2011. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832011000200002>.

BRENNER, I.; SPERISEN, C. Aluminum exclusion and aluminum tolerance in woody plants. **Frontiers in Plant Science**, n°4, p. 1-12, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00172>.

CIANCIARUSO, M.V. *et al.* Produção de serapilheira e decomposição do material foliar em um cerradão na Estação Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio, SP, Brasil. **Acta Bot**

Bras, n° 20, p. 49-59, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062006000100006>.

CORNELISSEN, T.; STILING, P. Perfect is best: low leaf fluctuating asymmetry reduces herbivory by leaf miners. **Oecologia**, n° 142, p. 46-56, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00442-004-1724-y>. .

CORNELISSEN, T.; STILING, P. Similar responses of insect herbivores to leaf fluctuating asymmetry. **Arthropod-Plant Interactions**, n° 5, p. 59-69, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11829-010-9116-1>.

CORNELISSEN, T.; STILING, P. Small variations over large scales: fluctuating asymmetry over the range of two oak species. **International Journal of Plant Sciences**, n° 3, p. 303-309, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1086/650202>.

CORRÊA, M. P. **Dicionário de plantas úteis do Brasil e exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, v. 5, 1978.

DE ANDRADE, A. *et al.* Variações genéticas e epigenéticas contribuídas pela retrotransposição Al. **BMC Genomics**, n° 12, p. 617, 2011. Disponível em: <https://www.doi.org/10.1186/1471-2164-12-617>.

DUARTE, J. R. de M. *et al.* Avaliação do efeito germinativo de sementes de Pau-terra (*Qualea grandiflora* Mart.). **Anais da Semana de Ciências Agrárias e Jornada de Pesquisa e Pós-Graduação em Produção Vegetal**, v. 15, p. 131-134, 2018. Disponível em: <https://www.anais.ueg.br/index.php/seciag/article/view/11098>.

ECHART, C. L.; CAVALLI-MOLINA, S. Fitotoxicidade do alumínio: Efeitos, mecanismos de tolerância e seu controle genético. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, p. 531-541, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782001000300030>.

EITEN, G. The Cerrado Vegetation of Brazil. **Bot Ver. Rev.** 38, p. 201-341, 1972. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF02859158>.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, 2a ed. Fundação EMBRAPA, Brasília, DF, 2006.

FERREIRA, R.A. *et al.* Morfologia de sementes e plântulas de pau-terra (*Qualea grandiflora* Mart. – Vochysiaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 1, p. 116-122, 2001. Revista Brasileira de Sementes. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17801/0101-3122/rbs.v23n1p116-122>.

GRAHAM, J. H.; RAZ, S.; HEL-OR, H.; NEVO, E. Fluctuating asymmetry: methods, theory, and applications. **Symmetry**, n° 2, p. 466–540, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/sym2020466>.

HARIDASAN, M.; ARAÚJO, G. M. Aluminium-accumulating species in two forest communities in the cerrado region of central Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 24, p. 15–26, 1988. doi: 10.1016/0378-1127(88)90021- 7.

HARISADAN, M. Aluminum accumulation by some Cerrado native species in Central Brazil. **Plant and Soil**, n. 65, p. 265-273, 1982. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF02374657>.

HARISADAN, M. Distribution and mineral nutrition of aluminium-accumulating species in different plant communities of the cerrado region of Central Brazil. In: San José JJ, Montes R (eds), **La capacidad bioproductiva de sabanas**, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas, p. 309-348, 1987.

HARISADAN, M. Nutrição mineral de plantas nativas do Cerrado. Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília. **R. Bras. Fisiologia. Vegetal**, n. 12(1), p. 54-64, 2000.

HARISADAN, M. Nutritional adaptations of native plants of the cerrado biome in acid soils. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, n. 20, p. 183-195, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1677-04202008000300003>.

IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. IBGE (Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais), Rio de Janeiro, 2012.

IBGE. **Manual técnico de pedologia**. Fundação IBGE, Rio de Janeiro, 2007.

KLINGENBERG, C.P. Analyzing fluctuating asymmetry with geometric morphometrics: concepts, methods, and applications. **Symmetry**, n. 7(2), p. 843-934, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/sym7020843>.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. MEGADIVERSIDADE, v. 1, n. 1, p. 147-149. **Embrapa**, Brasília, 2005. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Texto_Adicional_ConservacaoID-xNOKMLsupY.pdf.

KOCHIAN, L. V. Cellular mechanisms of aluminium toxicity and resistance in plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 46, p. 237–260, 1995. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.46.060195.001321>.

KOZLOWSKI, T.T. Responses of woody plants to flooding and salinity. **Tree Physiology Monograph**, 1:1-29, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-012424162-6/50018-1>.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Editora Rima, São Carlos, 2006.

LEARY, R. F.; ALENDORF, F. W. Fluctuating asymmetry as an indicator of stress: implications for Conservation Biology. **Tree**, 4(7), 1989. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(89\)90077-3](https://doi.org/10.1016/0169-5347(89)90077-3).

LOPES, A. S.; COX, F. R. Cerrado vegetation in Brazil: an edaphic gradient. **Agronomy Journal**, n. 69. p. 828-831, 1977. Disponível em: <https://doi.org/10.2134/agronj1977.00021962006900050025x>.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e cultivos de plantas arbóreas do Brasil**. 2. ed. São Paulo - SP: Nova Odessa, 2000.

LUDWIG, W. Das Rechts-links problem im Tierreich und beim Menschen. Berlin: Springer, p. 496, 1932.

MARTINS, F. P.; COSTA, R. A. Geomorfologia aplicada ao estudo de vulnerabilidade ambiental no município de Ituiutaba – MG. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities Research Ufu Medium**, Ituiutaba, v. 5, n. 1, p. 173-193, 2014. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/braziliangeojournal/article/view/24225>

MATSUMOTO, H. Cell biology of aluminum toxicity and tolerance in higher plants. **International Review of Cytology**, n. 200, p. 1-46, 2000. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0074-7696\(00\)00001-2](https://doi.org/10.1016/S0074-7696(00)00001-2).

MELO, J. R. Perfil metabólico e aspectos ultra estruturais de plantas de *grandiflora* Mart. (Vochysiaceae) crescidas na presença e ausência de alumínio. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Botânica, Universidade de Brasília, Brasília, 2016. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/22082>.

MENDES, G. M. Assimetria Flutuante como bioindicadora de mudanças ambientais e interações tróficas em *Cecropia pachystachya* (Urticaceae). Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 53 f. 2014. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-9PALJ6/1/disserta__o_gisele_mendes_vers_o_final.pdf.

MOLLER, A. P. Leaf-mining insects and fluctuating asymmetry in elm *Ulmus glabra* leaves. **J Anim Ecol**, n. 64, p. 697–707, 1995. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/5849>.

MOLLER, A. P.; SWADDLE, J. P. Asymmetry, developmental stability, and evolution. **University Press**, Oxford, p. 291, 1997.

NOGUEIRA, M. A. Distribuição do alumínio (Al) em folhas de espécies acumuladoras de Al do Cerrado. Dissertação (Doutorado) - Curso de Ciências Biológicas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 18 f. 2018. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/157432>.

OLIVEIRA, A. P. de *et al.* Avaliação de espécies do Cerrado quanto à tolerância ao alumínio. Boletim de pesquisa e desenvolvimento 355. Brasília: **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**, p. 26, 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/211415/1/Boletim-EspeciesCerrado-3554.pdf>.

PALMER, A. Fluctuating asymmetry analyses: A primer. In MARKOW, T. A. (Ed.). **Developmental Instability: It's Origins and Evolutionary Implications**. Dordrecht, Netherlands, p. 335-364, 1999. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-94-011-0830-0_26.

PALMER, A. R. Waltzing with asymmetry. **Bioscience**, n. 46, p. 518–53, 1996. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/1312930>.

PALMER, A. R.; STROBECK, C. Fluctuating asymmetry: measurement, analysis, patterns. **Annu. Rev. Ecol. Syst.**, n. 17, p. 391-421, 1986. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.es.17.110186.002135>.

PEREIRA, C. C. T. Assimetria Flutuante, Herbivoria e Polinização em Melastomataceae. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Biológicas, Departamento de Biologia Geral,

Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 56 f., 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-8MXF64>.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2020. Disponível em: <https://www.r-project.org/>.

RATTER, J. A; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Padrões de biodiversidade da vegetação lenhosa do cerrado brasileiro. In: Pennington RT, Lewis GP & Ratter JA (Eds), savanas neotropicais e florestas sazonalmente secas: diversidade vegetal, biogeografia e conservação. **Boca Raton**: CRC Press, Taylor & Francis, p. 31-66, 2006.

REATTO, A.; CORREIA, J.R.; SPERA, S. T. Solos do Bioma Cerrado: aspectos pedológicos. In: Sano S.M.; Almeida, S.P (eds) Cerrado: ambiente e flora. **EMBRAPA-CPAC**, Planaltina, p. 47-86, 1998.

REIS, N. dos S. **Variações fenotípicas em espécies lenhosas do Cerrado em três áreas no Triângulo Mineiro**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Biológicas, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 94 f., 2003. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/26987>.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. **As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado**. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: EMBRAPA-CERRADOS, v. 2, p. 876, 2008.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B.M.T. **Fitofisionomias do bioma cerrado**. Pp. 89-166. In: S.M. Sano & S.P. Almeida (eds.). Cerrado: ambiente e flora. Planaltina, Embrapa-CPAC, 1998. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/554094/fitofisionomias-do-bioma-cerrado>.

SANDNER, T. M.; MATTHIES, D. Fluctuating asymmetry of leaves is a poor indicator of environmental stress and genetic stress by inbreeding in *Silene vulgaris*. Elsevier BV: **Ecological Indicators**, [S.L.], v. 79, p. 247-253, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.04.030>.

SANTOS, F. P. dos.; FERREIRA, W. de M. Estudo fenológico de *Davilla elliptica* St. Hill. e *Qualea grandiflora* Mart. em uma área de Cerrado sentido restrito em Porto Nacional, Tocantins. **Revista Interface (Porto Nacional)**, Ituiutaba, n. 5, p. 3-14, 2012. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/interface/article/view/359>.

SILVA JUNIOR, M. C. **100 Árvores do Cerrado: guia de campo**. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado, 2005.

SILVA, H. V. *et al.* On the relationship between fluctuating asymmetry, sunlight exposure, leaf damage and flower set in *Miconia fallax* (Melastomataceae). **Tropical Ecology: International Society for Tropical Ecology**, Uberlândia, p. 419-427, 2016. Disponível em: https://tropecol.com/pdf/open/PDF_57_3/4%20Venancio%20Silva,%20Alves-Silva%20&%20Santos-f.pdf.

SILVA, R. C.C. Aspectos fisiológicos, fitoquímicos e proteômicos de *Qualea grandiflora* Mart. em resposta ao alumínio. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Biológicas, Departamento de Botânica, Universidade de Brasília, Brasília, f. 136, 2012. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/12333>.

SOUZA, M. C.; BUENO, P.C.; MORELLATO, L.P.C; HANERMANN, G. Ecological strategies of Al-accumulating and non-accumulating functional groups from the Cerrado *sensu stricto*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, n°.87, p. 813–823, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0001-3765201520140222..>

TORREZ-TERZO, G.; PAGLIOSA, P. R. Assimetria flutuante como biomarcador de estresse ambiental: Um estudo de caso com *Avicennia Schaueriana* Stapf & Leechm. Ex Moldenke (Acanthaceae). Insula: **REVISTA DE BOTÂNICA**, Florianópolis, v. 36, p. 75-94, 2007. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/insula/article/view/15151>.

VARDAR, F.; ÜNAL, M. Review: Aluminum toxicity and resistance in higher plants. **Advances in Molecular Biology**, v. 1, p. 1-12, 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/263652091_Aluminum_toxicity_and_resistance_in_higher_plants..

VIANNA, M. C. Vochysiaceae na Reserva Biológica de Poço das Antas, Silva Jardim, Rio de Janeiro, Brasil. *Rodriguésia*, n. 57(3), p. 659-666, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2175-7860200657315>.

VITTI, G. C.; OTTO, R.; SAVIETO. Manejo do enxofre na agricultura, n° 152. International Plant Nutrition Institute, Piracicaba, 2015.

ZVEREV, V. *et al.* Fluctuating asymmetry of birch leaves did not increase with pollution and drought stress in a controlled experiment. **Ecological Indicators**, v. 84, p. 283-289, jan. 2018. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.08.058>.

ANEXO 1. Normas da Revista



Ciência Florestal

CAPA

SOBRE

ACESSO

CADASTRO

PESQUISA

ATUAL

ANTERIORES

ÁREA RESTRITA

NORMAS

INDEXADORES

TAMANHO DE FONTE

Capa > Sobre a revista > Submissões

SUBMISSÕES

- Submissões Online
- Diretrizes para Autores
- Declaração de Direito Autoral
- Política de Privacidade

SUBMISSÕES ONLINE

Já possui um login/senha de acesso à revista Ciência Florestal?

[Acesso](#)

Não tem login/senha?

[Acesse a página de cadastro](#)

O cadastro no sistema e posterior acesso, por meio de login e senha, são obrigatórios para a submissão de trabalhos, bem como para acompanhar o processo editorial em curso.

Senha

☐ Lembrar usuário

[ACESSO](#)

CONTEÚDO DA REVISTA

Pesquisa

Escopo da Busca

Todos

[PESQUISAR](#)

Procurar

Por Edição

Por Autor

Por título

Outras revistas

Ciência Florestal

DIRETRIZES PARA AUTORES

- A revista CIÊNCIA FLORESTAL publica artigos técnico-científicos INÉDITOS, resultantes de pesquisa de interesse da área florestal. Também são aceitas notas técnicas e artigos de revisão. Os textos podem ser redigidos em português, inglês ou espanhol.
- Para submeter um trabalho para publicação são cobrados os seguintes valores:
§1 Taxa de submissão: R\$50,00 (cinquenta reais). O pagamento dessa taxa não garante a publicação do trabalho.
§2 Taxa de publicação: R\$250,00 (duzentos e cinquenta reais). Esse valor deve ser recolhido somente quando solicitado pelo editor.
Os valores devem ser depositados na conta corrente n. 38588-3, da agência do Banco do Brasil n. 1484-2 (FATEC - CNPJ: 89.252.431/0001-59). O comprovante do depósito da taxa de submissão deverá ser postado como documento suplementar, na submissão do trabalho. O comprovante da taxa de publicação deverá ser enviado a CIÊNCIA FLORESTAL, quando solicitado, via e-mail. Os valores depositados não serão devolvidos.
- Os manuscritos devem ser submetidos à revista via online por meio da PLATAFORMA SEER. O autor que submete o artigo assume toda e qualquer responsabilidade pelas informações, que os demais autores estão de acordo com a submissão e que o artigo é inédito. Os conceitos e afirmações emitidas no artigo são de exclusiva responsabilidade dos autores. Contudo, o Conselho Editorial reserva-se o direito de solicitar ou sugerir modificações no texto original.
- Os artigos devem ser organizados da seguinte forma:
4.1. Artigo científico e nota técnica: Título, Resumo, Introdução com Revisão de Literatura e objetivos, Materiais e Métodos, Resultados e Discussão, Conclusões, Agradecimentos (quando houver) e Referências. Antes do item Referências, quando apropriado, mencionar a aprovação pela Comissão de Ética e Biossegurança da Instituição.
4.2. Artigo de revisão bibliográfica: Título, Resumo, Introdução, Desenvolvimento, Considerações finais, Agradecimentos (quando houver) e Referências.

5. O manuscrito deve ser editado no Microsoft Word, com espaço simples, linhas numeradas continuamente e sem os nomes dos autores, fonte Times New Roman, tamanho 11, tabulação de 1,25 cm, formato A4, com 2 cm de margens esquerda, inferior e superior, e 1,5 cm de margem direita, orientação retrato e máximo de 12 páginas.

6. O Título do manuscrito, com no máximo duas linhas, deve ser centralizado e em negrito, com letras maiúsculas (exceto nomes científicos), redigido em português ou espanhol, seguido da versão em inglês (em não-negrito).

7. O Resumo deve ser apresentado em um único parágrafo, contendo o máximo de 300 palavras) e redigido em dois idiomas, sendo um deles o inglês. As palavras RESUMO e ABSTRACT devem ser redigidas em letras maiúsculas, negrito e centralizadas.

8. Logo após o texto do Resumo e do Abstract devem ser incluídos os termos Palavras-chave e Keywords, respectivamente, com alinhamento à esquerda, seguidas de dois pontos e em negrito, contendo até quatro termos (não contidos no título), separados por ponto e vírgula.

9. Os grandes itens (INTRODUÇÃO, MATERIAL E MÉTODO, RESULTADOS E DISCUSSÃO, CONCLUSÃO, AGRADECIMENTOS e REFERÊNCIAS) devem ser escritos em letras maiúsculas, negrito e alinhados à esquerda. Os demais obedecem a seguinte sequência:

MATERIAL E MÉTODO - (item primário) - todo em maiúsculas e negrito.

Caracterização do local - (item secundário) - só a inicial maiúscula e em negrito.

Solo - (item terciário) - só a inicial maiúscula, em negrito e itálico.

Horizonte A - (item quaternário) - só a inicial maiúscula, em itálico.

10. As siglas e abreviaturas, ao aparecerem pela primeira vez no trabalho, deverão ser colocadas entre parênteses, precedidas do nome por extenso.

11. Figuras (gráficos e fotografias) PODENDO SER EM CORES, porém sem-contorno. As dimensões (largura e altura) não podem ser maiores que 17 cm, sempre com orientação da página na forma retrato (fonte: Times New Roman, tamanho da fonte: 11, não-negrito e não-italico).

12. As figuras e tabelas devem ser auto-explicativas e alocadas no texto logo após sua primeira chamada, no formato de imagem. A identificação destas deve ser expressa em dois idiomas (a usada na versão do trabalho e o inglês e, se o trabalho for em inglês, a outra será o português). As tabelas também devem ter sua versão no formato Excel e vir como Documento Suplementar, com a denominação Tabela e o número correspondente. As figuras, além de estarem no texto, devem vir como Documento Suplementar, em formato de imagem, com resolução superior a 300 dpi, com denominação de Figura e o número correspondente. Para tabelas com conteúdo numérico, as vírgulas (ou pontos) devem ficar alinhadas verticalmente e os números centralizados na coluna.

13. Nomes científicos devem ter gênero e espécie escritos por extenso (Ex: *Araucaria angustifolia*) e em itálico (e acompanhar o estilo ao qual estão inseridos).

14. Fórmulas devem vir no texto em forma de imagem e, no Documento Suplementar, editadas pelo módulo Equation Editor, do Microsoft Word, devem obedecer à fonte do texto, com símbolos, subscrito/sobrescrito etc., em proporções adequadas, nunca superior a fonte 11. No documento suplementar devem receber a denominação Equação e o número correspondente.



IDIOMA

Selecione o idioma

Português (Brasil) SUBMITER

OPEN JOURNAL SYSTEMS

15. Citações bibliográficas serão feitas de acordo com a NBR 10520 da ABNT, usando o sistema "autor-data". Todas as citações mencionadas no texto obrigatoriamente devem ser relacionadas na lista de Referências (e vice-versa), de acordo com a norma NBR 6023 da ABNT. Já no item REFERÊNCIAS o autor deve colocar todas as citações feitas no trabalho, fazendo uso somente das referências mais relevantes dos últimos 10 anos e em número máximo de 30 citações.

16. No momento apropriado o autor será solicitado a inserir os nomes de todos os participantes, que devem ser posicionados logo abaixo do título em inglês, e identificados com número sequencial sobrescrito. O chamamento dos autores deve ser indicado no rodapé da primeira página, antecedido do número de identificação, devendo conter: título de graduação (Ex: Engenheiro Florestal), maior titulação (Ex: Dr.), descrição da função/profissão (Ex: Professor do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria), endereço (Ex: Av. Roraima, 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS), Brasil.) e e-mail (Ex: cienciaflorestal@ufsm.br) sem o ponto final.

17. Os manuscritos submetidos à revista passam pela triagem inicial do comitê de área, são enviados para revisores *ad hoc*, devolvidos aos autores para correções e, posteriormente, passam pela avaliação final do Conselho Editorial. Além disso ainda passam pelas correções de língua estrangeira (inglês e espanhol), língua portuguesa e referências. Os artigos aceitos são publicados na ordem de aprovação e para os não-aceitos é feita a comunicação aos autores. Os artigos são disponibilizados no formato "pdf", no endereço eletrônico da revista (www.ufsm.br/cienciaflorestal).

18. Em caso de dúvidas sobre formatação, consultar os artigos já publicados no site ou o e-mail cienciaflorestal@ufsm.br.

19. Consulte também, no item AJUDA, "Um Trabalho Exemplo" no rodapé da aba superior CAPA.

julho/2018.

OBS: O autor deve, obrigatoriamente passar o seu trabalho por um programa de detecção de Plágio antes da sua submissão, em cujo resultado de similaridade NÃO PODE SUPERAR OS 10%. Recomenda-se o uso do software Copy Spider por ser um programa livre (<https://copyspider.com.br/main/pt-br/download>).

- Consulte também, no item AJUDA, "Um Trabalho Exemplo" no rodapé da janela superior CAPA.

AUTOR CUIDADO!

Ao receber o trabalho para ajustes, NÃO POSTE O TRABALHO COMO UM NOVO TRABALHO e sim vá até AVALIAÇÃO (Versão do Autor, Procurar e Transferir) e poste o arquivo corrigido lá. Para postar como um novo trabalho tem que ter a AUTORIZAÇÃO do Editor, solicitado pelo e-mail cienciaflorestal@ufsm.br, informando o nome completo do trabalho, evitando a duplicação de um mesmo trabalho no sistema.

CONDIÇÕES PARA SUBMISSÃO

Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores.

1. *A contribuição é ORIGINAL e INÉDITA, e NÃO está sendo avaliada para publicação por outra revista. Lembre-se que você está assumindo toda e qualquer responsabilidade pelas informações e que os demais autores estão de acordo com todas elas.
2. *Os arquivos para submissão estão em formato Microsoft Word (DOC ou RTF), não ultrapassando os 2MB.
3. *O texto do trabalho deve estar conforme as NORMAS da revista (em espaço simples, com linhas numeradas de forma continuada, fonte 11 Time New Roman, empregando itálico em vez de sublinhado (exceto em endereços URL), Figuras e Tabelas inseridas no texto (logo após o seu chamamento - Figuras em alta resolução, com no mínimo 300 dpi - formato JPEG, RGB ou EXCEL). Leia demais instruções nas NORMAS. Os trabalhos não devem exceder as 12 páginas em espaço simples. **ATENÇÃO:** trabalhos fora das NORMAS serão devolvidos ou mesmo reprovados.
4. *O item 2, §1 das NORMAS foi cumprido? (recolhimento da Taxa de Submissão no valor de R\$50,00 - cinquenta reais - CC 38588-3, Ag. BB 1484-2, conta do Projeto da revista junto a FATEC). Cópia do recibo deve ser enviado como "Documento Suplementar", logo após o envio do arquivo contendo o trabalho (no formato JPG, PDF, BMP, GIF ou JPEG).
5. *O texto segue os padrões de estilo e requisitos bibliográficos descritos em Diretrizes para Autores (NORMAS) ou janela superior SOBRE - Submissões.
6. *A identificação de autoria do trabalho foi removida do arquivo e da opção Propriedades no Word, garantindo desta forma o critério de sigilo, conforme instruções disponíveis em Assegurando a Avaliação Cega por Pares.

DECLARAÇÃO DE DIREITO AUTORAL

A CIÊNCIA FLORESTAL se reserva o direito de efetuar, nos originais, alterações de ordem normativa, ortográfica e gramatical, com vistas a manter o padrão culto da língua, respeitando, porém, o estilo dos autores.

As provas finais poderão ou não ser enviadas ao autor.

Os trabalhos publicados passam a ser propriedade da revista CIÊNCIA FLORESTAL, sendo permitida a reprodução parcial ou total dos trabalhos, desde que a fonte seja citada. Os originais não serão devolvidos aos autores.

As opiniões emitidas pelos autores dos trabalhos são de sua exclusiva responsabilidade.

POLÍTICA DE PRIVACIDADE

Os nomes e endereços informados nesta revista serão usados exclusivamente para os serviços prestados por esta publicação, não sendo disponibilizados para outras finalidades ou a terceiros.



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial 4.0 Internacional.

AJUDA:

Para Autores

Para Avaliadores

Normas (Diretrizes para autores)

Classificação Qualis/CAPEs

Um Trabalho Exemplo - templates

INDEXADORES:

AGRIS/CARIS, AGROBASE/BINAGRI, DDP@EMBRAPA, CAB Abstracts, LATINDEX, ICSR, DOAJ, AGRICOLA/NAL, ELETROIC JOURNALS LIBRARY, PERIODICA, REDALYC, UCB - Pergamum, BIOLOGICAL ABSTRACTS, BIOSIS PREVIEWS, ELSEVIER/SCIRUS, HIGHWIRE PRESS, SUMARIOS.ORG, FOREST SCIENCE DATABASE, BIOLINE INTERNATIONAL, PERIÓDICOS CAPES, e-JOURNALS.ORG, ACADEMIC JOURNALS DATABASE, EBSCO PUBLISHING, OPEN J-GATE, WEB OF SCIENCE - ISI - TOMPSON SCIENTIFIC, INTERNATIONAL DIRECTORY, DIADORIM, GALE-Cengage Learning, Rede Cariniana, SciELO, REDIB, IZOR, Google Scholar.

Link p/ SciELO: <http://www.scielo.br/cflo>

Link p/ Bioline: <http://www.bioline.org.br/cf>

Link p/ Latindex: <http://www.latindex.org/latindex/ficha?folio=16468>



Geral: 10.5902/19805098 (os específicos estão nos RESUMOS - clique sobre o título do trabalho, no sumário)

CONTATO:

E-mail: cienciaflorestal@ufsm.br - Campus Universitário - Departamento de Ciências Florestais/Centro de Ciências Rurais/Universidade Federal de Santa Maria - Prédio 4 (CCR II) - Sala 5249 - 2º Piso - CEP: 97105-900 - Santa Maria - RS - BRASIL - Fone/Fax: (55)3220.8913

*** DESDE 2016 O PERIÓDICO NÃO É MAIS PUBLICADO EM SUA VERSÃO IMPRESSA ***

OBS: Atualmente um trabalho leva, em média, de 1,5 a 2 anos para percorrer todos os trâmites até ser publicado.

"Os trabalhos publicados na revista Ciência Florestal são de responsabilidade dos seus autores e não representam necessariamente a opinião dos editores. Reprodução dos trabalhos é permitida, desde que a fonte seja citada."

ISSN: 0103-9954 (impressa)

EISSN: 1980-5098 (eletrônica)