



**BETHÂNIA SILVA MORAIS DE FREITAS**

**ANATOMIA FOLIAR E TROCAS GASOSAS DE *Prunus*  
*myrtifolia* (L.) URB EM DIFERENTES ALTITUDES NA SERRA  
DA MANTIQUEIRA - MG**

**LAVRAS-MG  
2017**

**BETHÂNIA SILVA MORAIS DE FREITAS**

**ANATOMIA FOLIAR E TROCAS GASOSAS DE *Prunus myrtifolia* (L.) URB EM  
DIFERENTES ALTITUDES NA SERRA DA MANTIQUEIRA - MG**

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

Orientador  
Dr. Evaristo Mauro de Castro

**LAVRAS – MG  
2017**

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

Freitas, Bethânia Silva Morais de.

Anatomia foliar e trocas gasosas de *Prunus myrtifolia* (L.) Urb  
em diferentes altitudes na Serra da Mantiqueira - MG / Bethânia  
Silva Morais de Freitas. - 2017.

40 p. : il.

Orientador(a): Evaristo Mauro de Castro.

.  
Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2017.

Bibliografia.

1. *Prunus myrtifolia* - Anatomia Foliar. 2. *Prunus myrtifolia* -  
Trocias gasosas. 3. Diferentes altitudes. I. Castro, Evaristo Mauro  
de. . II. Título.

**BETHÂNIA SILVA MORAIS DE FREITAS**

**ANATOMIA FOLIAR E TROCAS GASOSAS DE *Prunus myrtifolia* (L.) URB EM  
DIFERENTES ALTITUDES NA SERRA DA MANTIQUEIRA – MG**

**LEAF ANATOMY AND GAS EXCHANGES OF *Prunus myrtifolia* (L.) URB IN  
DIFFERENT ALTITUDES IN SERRA DA MANTIQUEIRA - MG**

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

APROVADA em 21 de fevereiro de 2017.

Dra. Aristéa Alves Azevedo UFV

Dr. Jean Marcel Sousa Lira UFLA

Dr. Evaristo Mauro de Castro  
Orientador

**LAVRAS-MG  
2017**

## AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida e pelas bênçãos que me concedeu durante essa caminhada. Por ter me dado forças, coragem e persistência assim como sabedoria para lidar com os obstáculos do caminho.

Aos meus queridos pais Geraldo e Doraci que me ensinaram os valores da vida e os princípios da dignidade, sempre me apoiando e incentivando nos estudos. Á minha irmã gêmea e amiga fiel Bheatriz que apesar da distância física sempre esteve presente na minha vida e que palavra nenhuma descreveria a importância dela e a tamanha gratidão que sinto por tê-la. Ao meu irmão Geraldo Júnior pelo apoio, á minha tia mãe Dircely de Lourdes e minha Avó Maria Borges por me ajudarem de diversas formas e por cuidarem de mim em orações.

Ao meu amado Evandro Pedrini por me incentivar, compreender e amar. Por ser mais do que um companheiro e me ajudar a ser uma pessoa melhor a cada dia.

Aos amigos e professores do Instituto Federal Goiano- Campus Rio Verde Fabiano Guimarães, Juliana Sales e Aurélio Neto, por todo apoio que me deram desde o início da faculdade, por me mostrarem a importância da Pós-Graduação e por me ajudarem chegar até aqui.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Programa de Pós Graduação em Botânica Aplicada pela oportunidade de realização do Mestrado.

Ao professor Evaristo por me acolher tão bem, pela atenção, ensinamentos, confiança e orientação.

À direção da RPPN Alto Montana em Itamonte – MG por permitirem a execução da pesquisa.

Aos professores Fabrício, Marinês e a Alessandra pelo apoio e pelas contribuições no meu trabalho e na minha formação.

À professora Aristéa e ao Jean por aceitarem contribuir na minha dissertação.

À Aline pelo carinho que teve comigo desde o início do mestrado, pela amizade, conselhos e orientações os quais foram muito importantes. Pelo auxílio e pela parceria nos trabalhos e em muitos momentos.

Aos colegas de Campo Patrícia e Márcio pela ajuda e comprometimento com o trabalho.

Aos amigos do Mestrado e do Doutorado em Botânica Aplicada pela convivência e pela partilha dos momentos dando sempre forças uns aos outros.

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos e a FAPEMIG pelo auxílio no desenvolvimento do trabalho.

Às donas da Pensão Ana Maria e Dona Cidinha por me acolherem tão bem, pelos cuidados e por me fazerem sentir Lavras como minha segunda e amada casa.

**Muito obrigada!**

## RESUMO

Modificações ambientais relacionadas á altitude podem proporcionar grandes oportunidades para se explicar as respostas morfológicas e fisiológicas de plantas encontradas em ambientes de alta elevação. A espécie *Prunus myrtifolia* da família Rosaceae é uma espécie que se destaca por sua vasta ocorrência característica de Mata Atlântica. Objetivou-se nesse trabalho analisar as trocas gasosas e a anatomia foliar de *Prunus myrtifolia* em quatro cotas altitudinais (1500, 1700, 1900 e 2100 m de altitude) de uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana em Itamonte-MG. Para as características de trocas gasosas foi utilizado o analisador de trocas gasosas por infravermelho e analisadas 6 folhas de 3 indivíduos por cota. Para a anatomia foram coletadas folhas e realizado impressão da superfície abaxial e as secções transversais através de emblocamento em historesina, obtidas com o auxílio de micrótomo rotativo. A fotossíntese, a condutância estomática, o carbono interno, a transpiração e a relação Ci/Ca foram maiores na cota de 2100 m de altitude. A espessura do parênquima paliçádico e do mesofilo aumentaram com a elevação da altitude enquanto que a densidade estomática foi menor a 2100 m e maior a 1500 m. Os dados obtidos mostraram que em *Prunus myrtifolia* o aumento na espessura dos tecidos e a melhor difusão do CO<sub>2</sub>, mediante a maior abertura estomática, são caracteres relevantes na adaptação da espécie a 2100 m de altitude.

**Palavras-chave:** Floresta Nebular. Fotossíntese. Espessura foliar. Densidade estomática.

## ABSTRACT

Environmental changes from montane forest can provide great opportunities to explain the responses physiological and morphological of the plant found in high-altitude environments. The species *Prunus myrtifolia* of the family Rosaceae is a species that stands out for its occurrence characteristic of Atlantic Forest. The objective of this work was to analyze the gas exchange and leaf anatomy of *Prunus myrtifolia* in four altitude levels (1500, 1700, 1900 and 2100 m altitude) of an Montane Cloud Forest in Itamonte-MG. For the characteristics of gas exchanges, was used the infrared gas exchange analyzer and were analyzed 6 leaves of 3 individuals/altitude level. For an anatomy, leaves were collected and were made by printing the abaxial surface and as cross-sections through embedding in historesin, obtained with the aid of a rotating micrometer. Physiological variables such as photosynthesis, stomatal conductance, internal carbon, transpiration and  $C_i / C_a$  ratio were higher in the altitude of 2100 m. The thickness palisade parenchyma and a mesophyll increased with an elevation of the altitude and the stomatal density was less than 2100 m and greater than 1500 m. The results obtained showed that in *Prunus myrtifolia* the increase in the thickness of the tissues and the better diffusion of the CO<sub>2</sub>, through the greater stomatal opening, are relevant characters in the adaptation of the species to 2100 m of altitude.

**Keywords:** Cloud Forest. Photosynthesis. Leaf thickness. Stomatal density



## SUMÁRIO

<b>PRIMEIRA PARTE.....</b>	<b>10</b>
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>10</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 Mata Atlântica.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2 <i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb (Rosaceae).....</b>	<b>13</b>
<b>2.3 Influências da altitude na estrutura e funcionamento das plantas.....</b>	<b>14</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>17</b>
<b>SEGUNDA PARTE.....</b>	<b>20</b>
<b>ARTIGO 1: VARIAÇÕES ESTRUTURAIS E NAS TROCAS GASOSAS EM <i>Prunus myrtifolia</i> (L.) URB OCORRENTE EM DIFERENTES ALTITUDES.....</b>	<b>20</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>21</b>
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>22</b>
<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>24</b>
<b>Material Vegetal.....</b>	<b>24</b>
<b>Análise de trocas gasosas foliares.....</b>	<b>25</b>
<b>Análises Anatômicas.....</b>	<b>25</b>
<b>Análise estatística.....</b>	<b>27</b>
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>28</b>
<b>Caracterização da anatomia foliar.....</b>	<b>28</b>
<b>Caracterização quantitativa de trocas gasosas e anatomia foliar.....</b>	<b>30</b>
<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>33</b>
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>36</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>37</b>

## PRIMEIRA PARTE

### 1 INTRODUÇÃO GERAL

A mata atlântica é bastante conhecida pela grande biodiversidade e por ser um dos biomas mais importantes e ao mesmo tempo mais ameaçado do mundo (MYERS et al., 2000). Seus remanescentes são áreas muito fragmentadas e com formações de vegetação tropicais e subtropicais, apresentando um ecossistema bastante heterogêneo devido aos vastos gradientes latitudinal, altitudinal e de longitude (TABARELLI et al., 2010), abrigando assim, espécies com diferentes exigências. Na região mineira a Floresta Atlântica apresenta cinco formações diferentes incluindo entre elas as florestas ombrófilas baixo-montana e altomontana (VALENTE et al., 2006).

Estudos sobre a florística da Floresta Atlântica no Sudeste do Brasil mostram que a altitude acompanhada da precipitação e temperatura são os fatores mais importantes que influenciam as formações florestais (OLIVEIRA-FILHO; FONTES, 2000). Variação dos fatores ambientais como temperatura, precipitação, radiação e concentração de CO<sub>2</sub> nos diferentes gradientes, podem causar mudanças nas características fisiológicas e morfológicas das plantas, necessitando assim de se conhecer quais são essas respostas e a relação dessas características com os fatores ambientais (ZHANG et al., 2014).

*Prunus myrtifolia* (L.) Urban é uma espécie arbórea de porte médio e se destaca pela sua ampla distribuição geográfica (SOUZA; LORENZI, 2005). Levantamentos florísticos mostraram que essa espécie possui uma ampla ocorrência em diversas regiões do Brasil como no Sul (GIEHL et al., 2007), Sudeste (SILVA et al., 2007) e no Norte (OLIVEIRA et al., 2008). De acordo com Pompeu (2014) em estudos a cerca da estrutura da comunidade florística em Itamonte-MG, essa espécie fez parte das principais populações do componente arbóreo, sugerindo que esteja associada a florestas de nuvens já que a mesma também tem sido amostrada em outros locais com esse mesmo tipo de floresta. O óleo essencial e os extratos das folhas de *P. myrtifolia* têm apresentado propriedades antioxidantes e eficácia contra alguns tipos de microorganismos (WEBER et al., 2014), podendo ser uma espécie propícia para futuras utilizações medicinais.

A ocorrência de uma mesma espécie em diferentes níveis de altitude proporciona uma grande oportunidade para se investigar a resposta das plantas quanto às variações dos fatores ambientais. Para compreender a vasta ocorrência dessa espécie em diferentes cotas altitudinais o objetivo desse trabalho foi caracterizar e comparar a anatomia foliar e as trocas

gasosas de *Prunus myrtifolia* em quatro níveis de altitudes diferentes (1500, 1700, 1900 e 2100 m) em uma Floresta Ombrófila densa Altomontana localizada na Serra da Mantiqueira, em Itamonte - MG.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Mata Atlântica

A mata Atlântica é composta por diferentes grupos de formações florestais, como por exemplo, florestas Ombrófila Densa, Ombrófila Mista, Estacional semidecidual, Estacional Decidual e Ombrófila Aberta, assim como também é formada por ecossistemas como as restingas manguezais e campos de altitude que chega a uma extensão natural em torno de 1.300.000 km<sup>2</sup> em 17 estados do Brasil (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2015).

Para Myers et al. (2000), a mata Atlântica é caracterizada pela grande diversidade biológica, sendo considerada um dos mais importantes *hotspot* do mundo devido ao grande número de espécies endêmicas e a grande devastação das florestas. No Brasil 88,27% da floresta foi perdida e somente 11,4-16,0% permaneceram com a vegetação original em toda a região da Mata Atlântica (RIBEIROS et al., 2009). A grande perda dessas florestas foi devido ao elevado crescimento populacional, onde as ações humanas levaram a devastação do meio ambiente pela ocupação desordenada das áreas.

Os maiores remanescentes dessa floresta e os mais bem conservados estão localizados nas áreas de altitude por toda a extensão das regiões costeiras do Sul e Sudeste Brasileiro, tornando-se áreas altamente fragmentados e reduzidos (BERTONCELLO et al., 2011). Um exemplo disso é o estado de Minas Gerais, no qual a partir do século XIX houve alterações na sua cobertura florestal devido aos grandes impactos sofridos na paisagem original com a inserção da cultura do café. Em consequência apenas as áreas de florestas montanas ou altomontanas, campos de altitude e algumas áreas de cerrado ainda guardam um pouco dessa vegetação por serem áreas de acesso restrito (MENINI NETO et al., 2009).

Com diferentes fisionomias de florestas o estado de Minas Gerais tem cerca de 50% do seu território estabelecido no Domínio Mata Atlântica, e já foi líder de desmatamento por cinco anos consecutivos até 2012, hoje ele ocupa a posição de segundo estado que mais desmatou floresta entre 2013 e 2014, com uma redução de 34% de desmatamento comparado com o ano anterior, onde já havia sido registrado uma redução de 22% na taxa de desmatamento em Minas (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2015).

A Serra da Mantiqueira é conhecida como uma das grandes e mais consideráveis cadeias montanhosas do sudeste do Brasil, estendendo-se pelos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais (RIBEIRO, 2005). Possui Área de Proteção Ambiental se tornando uma das únicas e mais importantes unidades de conservação da Mata Atlântica do Brasil

(VILANOVA, 2015). Os seus remanescentes florestais apresentam um alto nível de ligação e é a maior unidade de conservação que faz parte do corredor sul da Mata Atlântica, abrigando fauna e flora em extinção e nascentes que abastecem as principais bacias da região sudeste: Paraná e Paraíba do Sul. Assim, apesar das atividades antrópicas a Serra da Mantiqueira também exibe um rico ecossistema característico de Floresta Ombrófila Densa (RIBEIRO, 2005). Na região os meses de dezembro e janeiro são considerados o período mais chuvoso e de maio a setembro ocorre a estação seca no qual ocorre temperaturas médias em torno de 16,5°C e a média de precipitação anual é de 1749 mm (PANE, 2001).

As florestas de altitude encontradas na Serra da Mantiqueira são denominadas de florestas nebulares ou florestas de nuvens devidas estarem cobertas por nuvens ou pela névoa na maior parte do ano (WEBSTER, 1995). Esta floresta ocorre em locais expostos sendo submetidas às diferentes condições climáticas e muitas vezes críticas. Cerca de 85% das áreas de florestas de nuvem são encontradas em altitudes entre 400 e 2800 m e uma média de 1700 m de altitude, além disso florestas tropicais montanhosas de nuvem acontecem abundantemente sob regimes de chuvas anuais de 600 até 4500 mm (JARVIS; MULLIGAN, 2011).

Segundo Bertonecello et al. (2011), áreas de alta elevação compreende locais com diversidade ecológica que estão associados à altitude, declividade, distância do mar, posição, direção do vento e também com a ocorrência e a constância das nuvens e névoas sendo consideradas como florestas nebulares as quais contribuem para a precipitação de chuvas locais. Embora essas áreas possuam uma grande gama de espécies, muitas consideradas endêmicas, ainda são poucos os estudos à cerca da florística encontrada desses locais de grandes altitudes.

## **2.2 *Prunus myrtifolia* (L.) Urb (Rosaceae)**

A família Rosaceae é uma das maiores famílias de Angiospermas compreendendo aproximadamente 100 gêneros e 3000 espécies (SOUZA; LORENZI, 2005). Possui grande importância econômica devido ao grande número de espécies frutíferas comestíveis e que são mais comuns de regiões temperadas tais como do gênero *Malus* (maçãs), *Prunus* (amêndoas, cerejas, damascos, nectarinas, pêssegos), *Pyrus* (peras), *Fragaria* (morangos), *Rubus* (framboesas, amoras), *Cydonia* (marmelo) e *Eriobotrya* (nêspera) (SOUZA; LORENZI, 2005, JUDD et al., 2009).

As Rosaceae possuem hábito variado podendo ser ervas, arbustos ou árvores e folhas geralmente alternas e espiraladas, frequentemente compostas e 2 estípulas (às vezes ausentes). Flores bissexuais, sépalas e pétalas em número de 5 e frutos do tipo folículo, aquênio, pomo, drupa, ou agregado de drupas e aquênios (JOLY, 1998; JUDD et al., 2009).

O gênero *Prunus* incluído na subfamília Amygdaleae tem aproximadamente 200 espécies encontradas normalmente no Hemisfério Norte e tem como características principais o fruto drupa e um único carpelo (JUDD et al., 2009). As espécies desse gênero são bastante utilizadas na medicina popular através de chás para disfunções intestinais (GILANI et al., 2000), faringites (WANG et al., 1999), antimaláricos (MUÑOZ et al., 2000) além de uma grande utilização na área de fitofármacos em cosméticos clareadores de pele e protetores solares (HEO et al., 2001).

A espécie *Prunus myrtifolia* (L.) Urb que é conhecida popularmente como pessegueiro-bravo é uma árvore que chega a ter de 10 a 15 metros de altura, troncos de 30-40 cm de diâmetro e a sua madeira é bastante utilizada na construção civil e na fabricação de móveis (LORENZI, 1998). É uma espécie que se destaca por sua vasta ocorrência característica de Mata Atlântica e Florestas semidecíduas encontradas desde o estado do Rio de Janeiro até o Rio Grande do Sul (RIBEIRO, 1999).

Estudos realizados por Weber (2014) em *P. myrtifolia* verificaram que o benzaldeído, principal composto encontrado no óleo essencial e os extratos foliares, mostraram efetiva atividade microbiana e antioxidante. Sendo assim, essa espécie pode ser bastante promissora para usos medicinais e na fabricação de fármacos.

### **2.3 Influências da altitude na estrutura e funcionamento das plantas**

Em diferentes graus de altitude é possível evidenciar modificações na estrutura da vegetação, no comportamento e no crescimento das espécies de plantas que estão distribuídas ao longo de gradientes de altitude (CORDELL et al., 1999). Assim, o estudo das espécies ao longo destes gradientes, pode proporcionar grandes oportunidades experimentais para se explicar o comportamento morfológico e fisiológico das plantas a fatores ambientais. Na Serra da Mantiqueira em Itamonte – MG, essas florestas de montanha apresentam diferenças na sua fisionomia em aproximados cem metros de elevação (POMPEU, 2011).

Existem quatro alterações atmosféricas que estão relacionadas com a altitude: a redução da pressão atmosférica e pressão parcial dos gases atmosféricos, lembrando que o O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> são de extrema importância para a vida; diminuição da temperatura atmosférica, que

altera a umidade do ambiente; aumento da radiação solar e da radiação térmica devido a turbidez atmosférica reduzida; e maior elevação da radiação UVB (KÖRNER, 2007).

Em um estudo com *Drimys brasiliensis* comparando a anatomia foliar em duas altitudes de uma Floresta Ombrófila Densa, foi verificada a presença de papilas a 2100 m além de um aumento na densidade e no índice estomático e uma menor espessura dos tecidos, podendo ser uma estratégia da espécie em compensar a baixa disponibilidade de CO<sub>2</sub> atmosférico típica deste ambiente (CRUZ et al., 2013).

O aumento da pressão parcial de todos os gases incluindo o CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> pode afetar tanto a difusão quanto a não difusão desses gases e alterar a fotossíntese a qual é ativa pela associação de CO<sub>2</sub> nos sítios ativos da Rubisco encontrada nos cloroplastos (SHI et al., 2006). No entanto, estudos realizados por Körner (1989) mostraram que os efeitos negativos da menor pressão parcial de CO<sub>2</sub> podem ser compensados pelo aumento da concentração de nitrogênio na área foliar com a concentração de enzimas fotossintéticas em plantas de elevado gradiente de altitude.

Com relação à fisiologia de plantas de diferentes altitudes foi observado em *Nothofagus pumilio* um aumento da fotossíntese e da condutância estomática e uma menor eficiência no uso da água em plantas encontradas em alta elevação comparadas com as de baixa altitude (PREMOLI; BREWER, 2007). Bresson et al. (2011) também constataram nas espécies *Fagus sylvatica* e *Quercus petraea* um aumento da taxa assimilatória, condutância estomática e teor de nitrogênio em plantas de altitudes elevadas, resultando em um alto desempenho fisiológico foliar com a elevação.

Outra característica que pode ser influenciada nas plantas decorrente das variações atmosféricas em altitudes é a massa foliar por área (LMA). As concentrações de CO<sub>2</sub> em ambientes mais elevados normalmente mostram um aumento da LMA enquanto níveis mais baixos resultam em uma diminuição dessa característica (POORTER et al., 2009). Estudos realizados por Paridari et al. (2013) com folhas de *Carpinus betulus* em altitudes variáveis em uma floresta do Norte do Iran mostraram que árvores de altitude elevada tem lâminas foliares menores do que as de baixa altitude. Em contraposição o LMA foi maior em baixas altitudes. Nesse mesmo estudo a densidade estomática (DE) também foi positivamente correlacionada com a elevação, onde baixas altitudes teve uma menor densidade estomática comparada com altitudes elevadas no qual houve um aumento da DE, embora não linear. Os autores mostraram que altitude, temperatura e precipitação apresentam uma grande importância nas variações morfológicas das folhas de *Carpinus betulus*.

Souza (2014) ao comparar as características anatômicas de *Myrsine coriácea* e *Myrsine umbellata*, sob diferentes cotas altitudinais na Serra da Mantiqueira, em áreas de floresta nebulosa, observou que estas espécies tiveram um comportamento diferente com relação às características estomáticas. A espécie *M. umbellata* corroborou vários estudos ao mostrar um aumento na densidade e no índice estomático de acordo com o aumento da altitude enquanto que *M. coriácea* teve uma diminuição dessas características com a elevação da altitude. Neste estudo a autora concluiu que as duas espécies tiveram uma alta plasticidade fenotípica em resposta às alterações das condições ambientais.

Christian Körner que tem publicado diversos trabalhos sobre as plantas de montanhas e a relação da variação da altitude na anatomia foliar e na condutância estomática encontrou na literatura diferentes resultados para a densidade estomática como: espécies de altitudes elevadas com densidade estomática maior comparada com altitudes baixas (KÖRNER et al., 1989); índice estomático menor em altitudes elevadas e maior em indivíduos em altitudes mais baixas (KÖRNER; ALLINSON; HILSCHER, 1983); e densidade estomática independente da altitude (KÖRNER; BANNISTER; MARK, 1986). Esses resultados mostram que as características estomáticas podem não estar ligadas diretamente ao gradiente de altitude e à pressão atmosférica, mas a outros fatores característicos daquele ambiente local como a quantidade de luz, por exemplo (GREENWOOD; SCARR; CHRISTOPHEL, 2003; KOUWENBERG; KÜRSCHNER; MCELWAIN, 2007).



## REFERÊNCIAS

- BERTONCELLO, R. et al. A phytogeographic analysis of cloud forests and other forest subtypes amidst the Atlantic forests in south and southeast Brazil. **Biodiversity and Conservation**, GZ Dordrecht, v. 20, n. 14, p. 3413–3433, Dec. 2011.
- BRESSON, C. C. et al. To what extent is altitudinal variation of functional traits driven by genetic adaptation in European oak and beech? **Tree Physiology**, Oxford, v. 31, n. 11, p. 1164-1174, Sept. 2011.
- CORDELL, S. et al. Allocation of nitrogen and carbon in leaves of *Metrosideros polymorpha* regulates carboxylation capacity and  $\delta^{13}C$  along an altitudinal gradient. **Functional Ecology**, Hoboken, v. 13, n. 6, p. 811–818, Dec. 1999.
- CRUZ, B. P. et al. Comparison of leaf anatomy and essential oils from *Drimys brasiliensis* Miers in a montane cloud forest in Itamonte, MG, Brazil. **Botanical Studies**, New York, v. 55, n. 41, p. 1-14, May 2014.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica no período de 2013-2014, 2015**. Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/projeto/atlas-da-mata-atlantica/dados-mais-recentes/>>. Acesso em: 12 dezembro 2015.
- GIEHL, E. L. H. et al. Espectro e distribuição vertical das estratégias de dispersão de diásporos do componente arbóreo em uma floresta estacional no sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 137-145, Jan. 2007.
- GILANI, A. H. et al. Pharmacological basis for the use of peach leaves in constipation. **Journal of Ethnopharmacology**, Clare, v. 73, n. 1-2, p. 87–93, Nov. 2000.
- GREENWOOD, D. R.; SCARR, M. J.; CHRISTOPHEL, D. C. Leaf stomatal frequency in the Australian tropical rainforest tree *Neolitsea dealbata* (Lauraceae) as a proxy measure of atmospheric  $pCO_2$ . **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 196, n. 3-4, p. 375–393, Aug. 2003.
- HEO, M. W. et al. Protection against ultraviolet B- and C-induced DNA damage and skin carcinogenesis by the flowers of *Prunus persica* extract. **Mutation Research**, Amsterdam, v. 496, n. 1-2, p. 47–59, Sept. 2001.
- JARVIS, A; MULLIGAN, M. The climate of cloud forests. **Hydrological Processes**, Hoboken, v. 25, n. 3, p. 327–343, Jan. 2011.
- JOLY, A. B. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal**. 12. ed. São Paulo: Nacional, 1998..
- JUDD, W. S. et al. **Plant systematics: a phylogenetic approach**. 3. ed. Sunderland: Sinauer, 2009. 612 p.
- KÖRNER, C. The nutritional status of plants from high altitudes. **Oecologia**, Berlim, v. 81, n. 3, p. 379-391, Nov. 1989.
- KÖRNER, C.; ALLINSON, A.; HILSCHER, H. Altitudinal variation of leaf diffusive conductance and leaf anatomy in heliophytes of montane New Guinea and their interrelation with microclimate. **Flora**, v. 174, n. 1-2, p. 91-135, 1983.

- KÖRNER, C.; BANNISTER, P.; MARK, A. F. Altitudinal variation in stomatal conductance, nitrogen content and leaf anatomy in different plant life forms in New Zealand. **Oecologia**, Berlin, v. 69, p. 577–588, 1986.
- KÖRNER, C. The use of ‘altitude’ in ecological research. **Trends in Ecology and Evolution**, London, v. 22, n. 11, p. 569-574, Nov. 2007.
- KOUWENBERG, L. L. R.; KÜRSCHNER, W. M.; MCELWAIN, J. C. Stomatal frequency change over altitudinal gradients: prospects for paleoaltimetry. **Reviews in Mineralogy & Geochemistry**, McLean, v. 66, n. 1, p. 215-241, Oct. 2007.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2. ed. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, v. 2, 1998. 352 p.
- MENINI NETO, L. et al. Flora vascular não-arbórea de uma floresta de gruta na Serra da Mantiqueira, Zona da Mata de Minas Gerais, Brasil. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 9, n. 4, p. 149-161, 2009.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Biomass - Mata Atlântica, 2015**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomass/mata-atlantica>>. Acesso em: 12 dezembro 2016.
- MUÑOZ, V. et al. A search for natural bioactive compounds in Bolivia through a multidisciplinary approach: Part I. Evaluation of the antimalarial activity of plants used by the Chacobo Indians. **Journal of Ethnopharmacology**, Clare, v. 69, n. 2, p. 127–137, Feb. 2000.
- MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, London, v. 403, p. 853-858, 2000.
- OLIVEIRA, A. N. et al. Composição e diversidade florístico-estrutural de um hectare de floresta densa de terra firme na Amazônia Central, Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 38, n. 4, p. 627 - 642, 2008.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; FONTES, M. A. L. Patterns of Floristic Differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the Influence of Climate. **Biotropica**, Malden, v. 32, n. 4, p. 793-810, Dec. 2000.
- PANE, E. **Estudo hidrológico, hidrogeológico e geofísico no Município de Itamonte- MG**. 2001, 84 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.
- PARIDARI, I. C. et al. Leaf macro- and micro-morphological altitudinal variability of *Carpinus betulus* in the Hyrcanian forest (Iran). **Journal of Forestry Research**, Xiangfang District, v. 24, n. 2, p. 301-307, June 2013.
- POMPEU, P.V. **Composição e estrutura de uma floresta ombrófila densa ao longo de um gradiente altitudinal na Serra da Mantiqueira, Minas Gerais**. 2011. 105 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.
- POMPEU, P. V. et al. Floristic composition and structure of an upper montane cloud forest in the Serra da Mantiqueira Mountain Range of Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 456-464, Sept. 2014.
- POORTER, H. et al. Causes and consequences of variation in leaf mass per area (LMA): a meta-analysis. **New Phytologist**, Hoboken, v. 182, n. 3, p. 565–588, Apr. 2009.

- PREMOLI, A. C.; BREWER, C. A. Environmental v. genetically driven variation in ecophysiological traits of *Nothofagus pumilio* from contrasting elevations. **Australian Journal of Botany**, Collingwood, v. 55, n. 6, p. 585-591, Sept. 2007.
- RIBEIRO, J. E. L. S. **Flora da Reserva Ducke**: Guia de Identificação das Plantas Vasculares de Uma Floresta de Terra Firme na Amazônia. Manaus: INPA-DFID, 1999. 799 p.
- RIBEIRO, K. O. **Ação coletiva, conselho consultivo e gestão**: um estudo na área de proteção ambiental Serra da Mantiqueira. 2005. 132 p. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.
- RIBEIROS, M. C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, Oxford, n. 142, p. 1141-1153, 2009.
- SHI, Z. et al. Altitudinal variation in photosynthetic capacity, diffusional conductance and  $\delta^{13}\text{C}$  of butterfly bush (*Buddleja davidii*) plants growing at high elevations. **Physiologia Plantarum**, Hoboken, v. 128, n. 4, p. 722-731, Dec. 2006.
- SILVA, A. C. et al. Comparação florística de florestas inundáveis das regiões Sudeste e Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 257-269, Jun. 2007.
- SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática**: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira: baseado em APG II. [S.l.]: Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2005.
- SOUZA, K. F. **Comparação da anatomia foliar de *Myrsine coriácea* e *Myrsine umbellata* em diferentes cotas altitudinais**. 2014, 51 p. Dissertação ( Mestrado em Botânica Aplicada) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.
- TABARELLI, M. et al. Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest: Lessons from aging human-modified landscapes. **Biological Conservation**, Oxford, v. 143, n. 10, p. 2328-2340, Oct. 2010.
- VALENTE, A.S.M. ; GARCIA, P.O. ; SALIMENA, F.R.G. 2006. **Zona da Mata mineira**: aspectos fitogeográficos e conservacionistas. In: Oliveira, A.P.L. (org.). Arqueologia e patrimônio da Zona da Mata: Juiz de Fora. Vol. 2. Editar, Juiz de Fora. Pp. 71-91.
- WANG, H. et al. Antioxidant Polyphenols from Tart Cherries (*Prunus cerasus*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 47, n. 3, p. 840-844, Jan. 1999.
- WEBER, L. D. et al. Chemical composition and antimicrobial and antioxidant activity of essential oil and various plant extracts from *Prunus myrtifolia* (L.) Urb. **African Journal of Agricultural Research**, Lagos, v. 9, n. 9, p. 846-853, Feb. 2014.
- WEBSTER, G. L. **The panorama of neotropical cloud forests**. In: Biodiversity and conservation of neotropical montane forests. New York: The New York Botanical Garden, 1995. P. 53-77.
- ZHANG, H. et al. Variations in Stable Carbon Isotope Composition and Leaf Traits of *Picea schrenkiana* var. *tianschanica* along an Altitude Gradient in Tianshan Mountains, Northwest China. **The Scientific World Journal**, London, v. 2014, n. 2014, p. 1-10, Nov. 2014.

**SEGUNDA PARTE**

**ARTIGO 1: VARIAÇÕES ESTRUTURAIS E NAS TROCAS GASOSAS EM *Prunus myrtifolia* (L.) URB OCORRENTE EM DIFERENTES ALTITUDES**

## RESUMO

Modificações ambientais relacionadas á altitude podem proporcionar grandes oportunidades para se explicar as respostas morfológicas e fisiológicas de plantas encontradas em ambientes de alta elevação. A espécie *Prunus myrtifolia* da família Rosaceae é uma espécie que se destaca por sua vasta ocorrência característica de Mata Atlântica. Objetivou-se nesse trabalho analisar as trocas gasosas e a anatomia foliar de *Prunus myrtifolia* em quatro cotas altitudinais (1500, 1700, 1900 e 2100 m de altitude) de uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana em Itamonte-MG. Para as características de trocas gasosas foi utilizado o analisador de trocas gasosas por infravermelho e analisadas 2 folhas de 3 indivíduos por cota. Para a anatomia foram coletadas folhas e realizado impressão da superfície abaxial e as secções transversais através de emblocamento em historesina, obtidas com o auxílio de micrótomo rotativo. A fotossíntese, a condutância estomática, o carbono interno, a transpiração e a relação Ci/Ca foram maiores na cota de 2100 m de altitude. A espessura do parênquima paliçádico e do mesofilo aumentaram com a elevação da altitude enquanto que a densidade estomática foi menor a 2100 m e maior a 1500 m. Os dados obtidos mostraram que em *Prunus myrtifolia* o aumento na espessura dos tecidos e a melhor difusão do CO<sub>2</sub>, mediante a maior abertura estomática, são caracteres relevantes na adaptação da espécie a 2100 m de altitude.

**Palavras-chave:** Floresta Nebular. Fotossíntese. Espessura foliar. Densidade estomática.

## INTRODUÇÃO

As diferentes altitudes podem proporcionar grandes oportunidades experimentais para se estudar as modificações morfológicas e fisiológicas das plantas sob diferentes fatores ambientais. Nesses ambientes é possível evidenciar modificações na estrutura da vegetação e no crescimento das espécies que estão distribuídas ao longo dos gradientes de altitude (CORDELL et al., 1999). Além disso, esses locais permitem analisar de forma mais rápida a adaptação das espécies em um curto intervalo espacial (KÖRNER, 2007).

Em maiores altitudes ocorrem algumas mudanças atmosféricas primárias como a redução da pressão atmosférica e pressão parcial dos gases atmosféricos, diminuição da temperatura atmosférica e um aumento da radiação solar e da radiação UVB (KÖRNER, 2007). As alterações desses fatores ambientais em geral induzem as modificações das estruturas foliares e na fisiologia das plantas encontradas nesses ambientes.

A mata atlântica é bastante conhecida pela grande biodiversidade e por ser um dos biomas mais importantes e ao mesmo tempo mais ameaçados do mundo (MYERS et al., 2000). Seus remanescentes são áreas muito fragmentadas e com formações de vegetação tropicais e subtropicais, apresentando um ecossistema bastante heterogêneo devido aos vastos gradientes latitudinal, altitudinal e de longitude (TABARELLI et al., 2010), abrigando assim, espécies com diferentes exigências. A Serra da Mantiqueira é uma importante unidade de conservação da Mata Atlântica do Brasil (VILANOVA, 2015), e suas regiões mais elevadas estão na maior parte do ano cobertas por nuvens sendo considerada como Floresta Nebular.

Estudos realizados em diferentes espécies, em altitudes variáveis, mostraram que a densidade estomática está positivamente correlacionada com a altitude. Em *Carpinus betulus* (PARIDARI et al., 2013) e *Clinopodium vulgare* L. (KOFIDIS et al., 2007) indivíduos de altitudes mais elevadas apresentam maior densidade de estômatos. Já outros trabalhos, como o de Hultine e Mashall (2000), com quatro tipos de coníferas, mostrou que as espécies *Abies lasiocarpa* e *Pinus contorta* tiveram uma diminuição na densidade estomática com a elevação da altitude enquanto que a massa foliar por área aumentou.

As trocas gasosas e a capacidade fotossintética também são afetadas pela altitude. Trabalhos como o de Bresson et al. (2011) e Rajsnerová et al. (2015) mostram que as espécies de árvores em altitudes elevadas apresentaram maior condutância estomática e maior taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> comparadas com as espécies de baixas altitudes. A eficiência no uso da água também pode variar dependendo da espécie, podendo ser mais elevado em maiores

altitudes (GRATANI et al., 2012) ou diminuir de acordo com a elevação (RAJSNEROVA et al., 2015).

O gênero *Prunus* (Rosaceae) é bastante conhecido devido a importância comercial dos frutos (*P. pérsica* - pêssego, *P. domestica* – ameixa preta, *P. avium* – cereja entre outras), além de sua vasta utilização na medicina popular. A literatura relata a eficácia das espécies desse gênero no tratamento de doenças vasculares (NEGISHI et al., 2007), propriedades anti-asmáticas (KARANI et al., 2013) e utilização em protetores solares e antienvhecimento (SACHDEVA; KATYAL, 2011). A espécie *Prunus myrtifolia* (L.) Urb é conhecida popularmente como pessegueiro-bravo e ocorre normalmente nas regiões Sudeste e Sul do Brasil (SILVA et al., 2007; GIEHL et al., 2007; SILVA et al., 2012), mas também pode ser encontrado na região Norte (OLIVEIRA et al., 2008). Estudos realizados por Weber (2014) em *P. myrtifolia* verificaram que o benzaldeído, principal composto encontrado no óleo essencial e os extratos foliares, mostraram efetiva atividade antimicrobiana e antioxidante. Sendo assim, essa espécie pode ser bastante promissora para usos medicinais e na fabricação de fármacos.

Pompeu (2011) em estudos sobre a composição e estrutura de uma Floresta Ombrófila Densa ao longo de um gradiente altitudinal na Serra da Mantiqueira-MG verificou que a espécie *P. myrtifolia* foi uma das espécies com maiores valores de importância ao serem encontradas ao longo de todas as cotas de altitude estudadas (1500, 1700, 1900 e 2100 m). Sendo assim a ocorrência de uma mesma espécie em diferentes níveis de altitude proporciona uma grande oportunidade para se investigar a resposta das plantas quanto às variações dos fatores ambientais. Para compreender a vasta ocorrência dessa espécie em diferentes cotas altitudinais objetivou-se nesse estudo comparar a anatomia foliar e as trocas gasosas de *Prunus myrtifolia* em quatro cotas altitudinais (1500, 1700, 1900 e 2100) de uma Floresta Densa Altomontana na Serra da Mantiqueira em Itamonte-MG.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Material Vegetal

As análises de trocas gasosas e a coleta de folhas de *Prunus myrtifolia* foram realizadas na Serra da Mantiqueira que pertence ao domínio Mata Atlântica, no município de Itamonte no Sul do estado de Minas Gerais, Brasil.

A Unidade de conservação (UC) localiza-se na Fazenda Pinhão Assado, também conhecida como Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Alto Montana. O local fica situado a 15 km do Parque Nacional do Itatiaia e as coordenadas geográficas aproximadas da área são 22°21'55''S e 44°48'32''. O clima de acordo com a classificação de Köppen é Cwb que é clima temperado húmido com Inverno seco e Verão temperado, e a temperatura média é de 17.3°C nos meses mais quentes e 12.7°C nos meses mais frios (SÁ JÚNIOR et al. 2012).

O estudo foi realizado nas cotas de 1500, 1700, 1900 e 2100 m de altitudes. Na Tabela 1 observam-se as médias anuais dos parâmetros microclimáticos que foram fornecidos por colaboradores do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras, Brasil, e referem-se ao Período de um ano de acompanhamento obtidos das estações meteorológicas (watchDog modelo 2900ET)

Tabela 1- Médias dos parâmetros microclimáticos em quatro cotas altitudinais (1500, 1700, 1900 e 2100 m) de uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana em Itamonte– MG.

	<b>1500</b>	<b>1700</b>	<b>1900</b>	<b>2100</b>
Umidade relativa do ar (%)	80	78	79,47	87,68
Umidade máxima (%)	90,5	82	88,4	99,16
Umidade mínima (%)	67,12	64	66,52	64,66
Temperatura (°C)	16	14,5	13,5	11,80
Temperatura máxima extrema (°C)	29,8	24,9	25	21,8
Temperatura mínima extrema (°C)	4,6	3,9	1,7	6,4
Ponto de orvalho (°C)	12,41	10,40	9,77	9,41
Ponto de orvalho máximo (°C)	15,73	14,42	12,83	13,86
Ponto de orvalho mínimo (°C)	8,10	5,15	5,3	2,3

\*Acompanhamento realizado durante o ano de 2015 por estações meteorológicas (watchDog modelo 2900ET) instaladas em cada cota altitudinal.



Figura 1 - A) Foto da área de estudo na RPPN Alto Montana em Itamonte – MG mostrando a presença de nevoeiro e B) Espécie estudada: ramo de *Prunus myrtifolia* (L.) Urb



Fonte: Do autor (2017)

### Análise de trocas gasosas foliares

As trocas gasosas foram avaliadas em campo nas folhas de *P. myrtifolia* com auxílio de um analisador de trocas gasosas por infravermelho (IRGA) modelo LI-6400XT (Li-COR Biosciences, Lincoln, Nebraska, USA) equipado com uma câmara de 6-cm<sup>2</sup> e fonte de luz LED vermelho/azul (LI-6400-02B, Li-Cor, Lincoln, Nebraska, USA). Foram avaliadas a condutância estomática ( $g_s$ ), taxa transpiratória (E), taxa fotossintética (A), carbono interno (Ci), relação entre carbono interno e externo (Ci/Ca), déficit de pressão de vapor (VPD) e a eficiência no uso da água (UEA). Foram selecionadas folhas completamente expandidas, isentas de agentes patogênicos da face leste da copa de 3 indivíduos/cota de altitude (1500, 1700, 1900 e 2100 m) em 6 folhas/indivíduo. As medições foram feitas entre o período das 08 às 10:00 horas da manhã e a densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos foi fixada para 1000  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  baseado em testes prévios.

### Análises Anatômicas

Folhas completamente expandidas, livres de patógenos e herbivoria, foram coletadas da face leste da copa e fixadas em F.A.A.70% (formaldeído, ácido acético e etanol 70% :na proporção : 5:5:9 v v<sup>-1</sup>) (JOHANSEN, 1940) e transferidas para etanol a 70% (m v<sup>-1</sup>) até a análise. Foram coletadas folhas de 3 indivíduos de *P. myrtifolia*/cota de altitude (1500, 1700, 1900 e 2100 m) e realizadas impressões paradérmicas e transversais em 5 folhas/indivíduo, sendo analisados 5 campos/folha. As análises anatômicas das folhas foram realizadas no

Laboratório de Anatomia Vegetal no Departamento de Biologia na Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Para as análises da densidade estomática e o diâmetro polar e equatorial dos estômatos foram realizadas impressões na superfície da epiderme abaxial, com éster de cianoacrilato da marca Loctite, Henkel Ltda. Após a secagem as impressões foram retiradas e montadas entre lâmina e lamínula usando glicerol a 50% (m v<sup>-1</sup>). Também foi realizada a técnica de dissociação das epidermes pelo método de maceração de Jeffrey (JOHANSEN, 1940), utilizando-se safranina aquosa para coloração 0,1% (m v<sup>-1</sup>).

As secções transversais foram obtidas de fragmentos da região mediana da folha que foram submetidos a uma série etanólica para desidratação (etanol 70, 80, 90 e 100%). Em seguida o material foi imerso em solução de pré-infiltração, composta por etanol 100% e resina base (1:1) por 24 horas. Para a polimerização foi utilizado o kit historesina segundo recomendações do fabricante (hidroxietilmetacrilato, Leica, Heidelberg, Alemanha). Secções transversais foram realizadas em micrótomo rotativo semiautomático, sendo, em seguida, coradas em solução de Azul de toluidina 1% (m v<sup>-1</sup>) (O'BRIEN et al., 1964) e as lâminas foram montadas em Permout®. As variáveis analisadas foram a espessura da epiderme adaxial e abaxial, espessura do parênquima paliçádico e esponjoso e a espessura do limbo foliar.

As lâminas foram fotografadas em microscópio Zeiss Microimaging GmbH Scope A1 (Carl Zeiss MicroImaging GmbH, Göttingen, Germany) com câmera digital acoplada (AxionCam ERc5s) e as imagens analisadas por meio do Software UTHSCSA-Image Tool 3.0 para a medição da espessura dos tecidos foliares em corte transversal e contagem dos estômatos em impressões paradérmicas.

A lignina e/ou suberina foi detectada utilizando microscopia de fluorescência onde secções transversais da folha foram colocadas numa solução contendo Hemi-sulfato de berberina a 0,1% e água destilada (p / v) durante 1 hora e depois lavada em água destilada. Em seguida as secções foram mantidas em Azul anilina a 0,5% (p / v) durante 30 minutos e depois lavada duas vezes com água destilada. As secções foram montadas numa solução De 0,1% de FeCl<sub>3</sub> (p / v) em glicerol a 50% (v / v) (BRUNDRETT et al., 1988). As observações foram feitas com Microscópio de fluorescência (BX60, Olympus) equipado com uma câmera monocromática refrigerada (Olympus). As imagens foram capturadas com comprimentos de onda de excitação / emissão ultravioleta de 358-461 nm (BRUNDRETT et al., 1988).

## **Análise estatística**

Os dados foram submetidos à análise de variância, comparando-se as médias pelo teste de Scott-Knott, com 5% de probabilidade com o auxílio do programa estatístico SISVAR, versão 5.0 (FERREIRA, 2011).

## RESULTADOS

### Caracterização da anatomia foliar

As folhas de *P. myrtifolia* apresentam epiderme unisseriada, revestida externamente por uma cutícula e o mesofilo dorsiventral (Fig. 2A). Os estômatos ocorrem somente na superfície abaxial da folha, sendo essas folhas classificadas como hipoestomáticas. As células da superfície adaxial possuem parede anticlinal levemente sinuosa (Fig. 2B) e os complexos estomáticos encontrados são do tipo anomocítico (Fig. 2C). A nervura central possui superfície plana na face adaxial e é convexa na superfície abaxial. (Fig. 2D). O sistema vascular apresenta feixes do tipo colateral e é possível notar a presença de colênquima do tipo anelar voltado para a face abaxial e adaxial (Fig. 2D e 2E).

Foi observado para as plantas coletadas a 1700, 1900 e 2100 m de altitude a presença de uma estrutura semelhante a lenticela localizadas na nervura central (Fig. 2E). Na figura 2F é possível observar a formação de felogênio subjacente à lenticela e o tecido de enchimento que compõem sua estrutura. Através da fluorescência foi possível observar a presença de lignina e/ou suberina na estrutura da lenticela (Fig. 3). Além de sua constatação nas secções transversais, as lenticelas também puderam ser visualizadas externamente em Microscópio Estereoscópico.

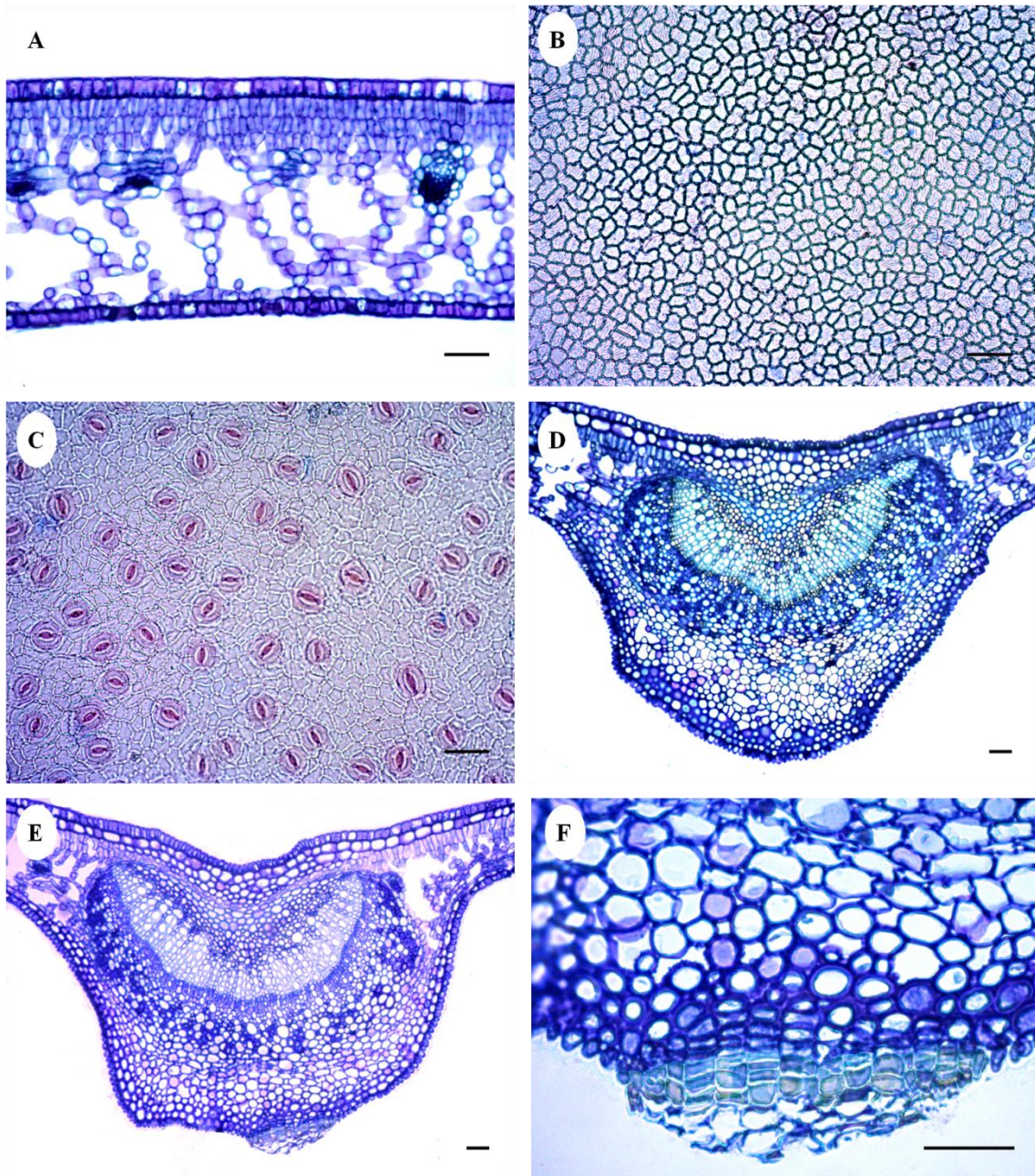


Figura 2 - Secções paradérmicas e transversais de folha de *P. myrtifolia*, coletadas a 1500 m (A, B, C, D) e 1700 m (E, F) de altitude em uma Floresta Ombrófila Densa em Itamonte, MG. A) Secção transversal da lâmina foliar; B) Face adaxial da epiderme da folha; C) Face Abaxial da epiderme; D) Secção transversal da nervura central; E) Lenticela na nervura central; F) Detalhes da Lenticela na nervura central. Barra 50  $\mu\text{m}$ .

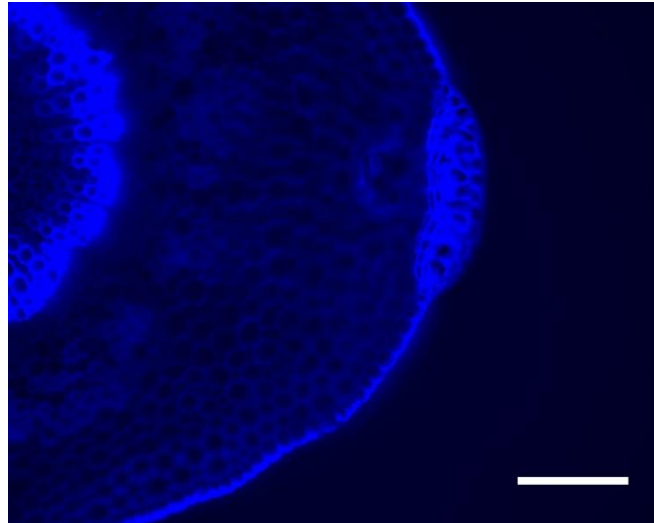


Figura 3 - Imagem de Fluorescência da região mediana da nervura mostrando a presença de lignina e/ou suberina na lenticela. Barra 50  $\mu$ m.

#### **Caracterização quantitativa da anatomia foliar e trocas gasosas**

A anatomia foliar de *P. myrtifolia* diferiu entre as cotas de altitude. Observa-se na figura 4 um maior aumento dos espaços intercelulares nas folhas de maior altitude. O parênquima paliçádico também aumentou de acordo com altitude sendo 72% maior na cota de 2100 m comparado com a cota de 1500 m (Tab. 3), também podendo ser observado esse aumento na Figura 4. O parênquima esponjoso foi maior na cota de 1900 m e a espessura da epiderme de ambas as faces foram maiores na cota de 1500 m. O limbo foliar foi mais espesso nas cotas de 1900 e 2100 m de altitude (Tab. 3) e (Fig. 4).

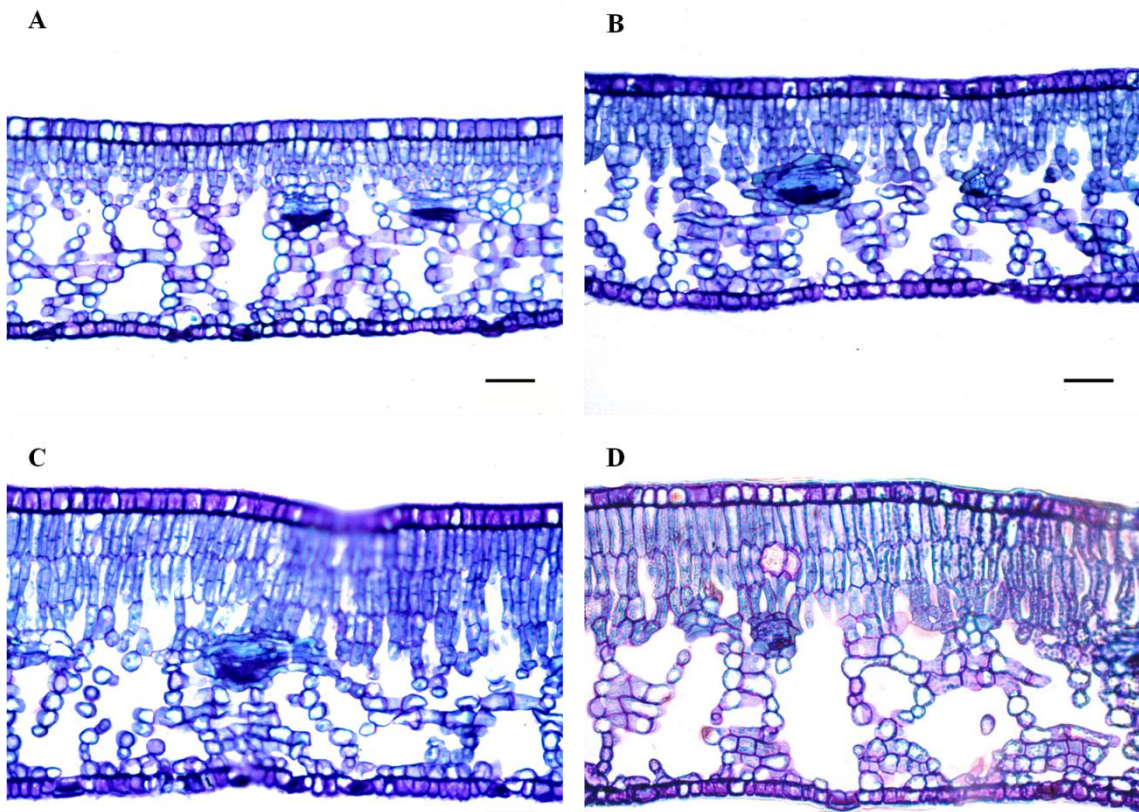


Figura 4 - Secções transversais da lâmina foliar de *P. myrtifolia* coletadas em Itamonte – MG, a 1500 m (A), 1700 m (B), 1900 m (C) e 2100 m (D) de altitude. Barra 50  $\mu\text{m}$ .

Tabela 2 - Modificações na espessura dos tecidos foliares de *Prunus myrtifolia* em quatro diferentes cotas altitudinais de uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana em Itamonte – MG.

Altitude (m)	1500	1700	1900	2100
<b>EAD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	21,92 a	18,19 c	18,42 c	19,51 b
<b>PP (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	63,02 d	79,82 c	89,37 b	108,48 a
<b>PE (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	137,53 b	133,93 b	146,18 a	133,36 b
<b>EAB (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	14,88 a	13,30 b	13,16 b	12,93 b
<b>LF (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	237,37 b	245,26 b	267,15 a	274,30 a

EAD = Epiderme adaxial; PP = Parênquima paliçádico; PE = Parênquima esponjoso; EAB = Epiderme abaxial; LF = Limbo Foliar. Médias seguidas de letras iguais minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-knott  $P < 0,05$ .

Houve diferença significativa para todas as variáveis fisiológicas analisadas entre as cotas altitudinais. Na cota de 2100 m de altitude a taxa fotossintética das plantas foi cerca de 49% maior quando comparada com a cota de 1500 m (Tab. 2). A condutância estomática, o

carbono interno e a taxa de transpiração também foram maiores a 2100 m de (Tab. 2). O déficit de pressão de vapor da folha foi menor na cota de 2100 m e relação Ci/Ca foi maior em 2100 (Tab. 2). A eficiência no uso da água obteve maior valor na cota de 1500 m de altitude com um aumento de 41% comparado com a cota mais alta.

Tabela 3 - Trocas gasosas de folhas de *Prunus myrtifolia* de quatro diferentes cotas altitudinais de uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana em Itamonte – MG.

<b>Altitude (m)</b>	<b>1500</b>	<b>1700</b>	<b>1900</b>	<b>2100</b>
<b>A</b> (mmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	4,31 b	1,62 c	4,23 b	6,44 a
<b>gs</b> (mmol <sub>CO<sub>2</sub></sub> . m <sup>-2</sup> .s <sup>-1</sup> )	0,092 b	0,036 c	0,11 b	0,20 a
<b>Ci</b> (mol)	143,24 b	146,36 b	148,68 b	159,03 a
<b>E</b> (mmol <sub>H<sub>2</sub>O</sub> .m <sup>-2</sup> .s <sup>-1</sup> )	1,46 c	0,68 d	1,86 b	3,03 a
<b>VPDL</b> (kPa)	1,39 b	1,57 a	1,44 b	1,25 c
<b>Ci/Ca</b>	0,62 b	0,64 b	0,67 b	0,72 a
<b>UEA</b> (μmolCO <sub>2</sub> .mmol <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O)	3,05 a	2,42 b	2,35 b	2,16 b

A = Fotossíntese; gs = Condutância estomática; Ci = Carbono Interno; E = Taxa de transpiração; VPDL = Vapor de água; Ci/Ca = Carbono interno e carbono externo; UEA = Uso eficiente da água. Médias seguidas de letras iguais minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-knott, P < 0,05.

A densidade estomática foi maior na cota de 1500 m de altitude e menor na cota de 2100 m com uma redução de 18% quando comparadas (Tab. 4). Os diâmetros polar e equatorial foram maiores na cota de 2100 m e menor na cota de 1500 m de altitude (Tab. 4).

Tabela 4 - Análise estomática de *Prunus myrtifolia* (L.) Urb de quatro diferentes cotas altitudinais de uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana em Itamonte – MG.

<b>Altitude</b>	<b>1500</b>	<b>1700</b>	<b>1900</b>	<b>2100</b>
<b>DE (Estômato/mm<sup>2</sup>)</b>	320,00 a	281,00 c	296,31 b	263,71 d
<b>DQ (μm)</b>	17,82 c	19,35 b	17,84 c	20,00 a
<b>DP (μm)</b>	23,34 c	25,08 b	24,38 b	26,66 a

DE = Densidade estomática; DQ = Diâmetro Equatorial; DP = Diâmetro Polar.\*Médias seguidas de letras iguais minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-knott P < 0,05.



## DISCUSSÃO

As características anatômicas encontradas em *Prunus myrtifolia* como a sinuosidade das paredes das células epidérmicas, tipo e localização dos estômatos e disposição dos feixes vasculares, são semelhantes a *Prunus tucumanensis* Lillo (ARAMBARRI et al., 2009). Foi observado para a espécie *Prunus serrulata* Lindl a presença de tricomas (BALSAMO et al., 2003), no entanto estes não foram encontrados em *P.myrtifolia*.

Através das observações da nervura central é possível afirmar que tal estrutura encontrada em *P. myrtifolia* trata-se de uma lenticela, com base no trabalho sobre a anatomia foliar de *Tripodanthus acutifolius* de Morretis e Venturelli (1985). Neste trabalho os autores sugerem utilizar tal denominação para áreas súbero-lignificadas baseada na descrição clássica atribuída por Esau (1965) e Fahn (1982), devido a formação de protuberância, formação de felogênio e o tecido de enchimento, ambos encontrados na estrutura descrita aqui.

A presença de lenticelas em folhas não é comumente relatada na literatura. Essas estruturas são aberturas que ocorrem comumente na periderme de caules e raízes (ESAU, 1974). Autores como Solereder (1908) que descreve verrugas como estruturas que se assemelham a lenticelas e Font Quer (1953) que define verruga e lenticelas como sinônimos deixa em aberto a escolha pela denominação de áreas suberificadas em folhas. Sendo assim alguns trabalhos utilizam do termo lenticela para nomear variados tipos de estruturas como o de Morretis e Venturelli (1985) para áreas lignificadas, Neish et al. (1995) para glândulas de óleo nas margens das folhas de eucalipto e Pinkard et al. (2006) para intumescências que se desenvolvem na lâmina da folha por uma desordem fisiológica.

As lenticelas não foram encontradas em todas as folhas de *P. myrtifolia* e também não ocorrem ao longo de toda a nervura. Dessa forma não se pode afirmar que as plantas da cota de 1500 não apresentam esta estrutura. Com relação a disposição dos tecidos fotossintetizantes foi observado que o mesofilo é dorsiventral e Balsamo et al. (2003) verificou o mesmo ao estudar *Prunus serrulata* Lindl. O número e o tamanho das camadas de parênquima paliádico e esponjoso variaram entre as cotas altitudinais as quais sofreram influência dos fatores ambientais. Essas modificações observadas nas folhas das diferentes cotas, podem ser devido a variação da concentração de fitohormônios principalmente da auxina (MORAIS et al., 2004), que tem como uma de suas funções o alongamento celular. A variação e a distribuição desse hormônio estão ligadas com os diferentes níveis de radiação

que é maior nas altitudes elevadas e que pode ser uma das causas prováveis pelas diferenças estruturais observadas nessas folhas.

A taxa fotossintética de *P. myrtifolia* foi maior na altitude mais elevada. Muitos trabalhos também tem relatado esse aumento para outras espécies (BRESSON et al., 2011; PREMOLI; BREWER, 2007; RAJSNEROVA et al., 2015). A observação do aumento da fotossíntese na altitude mais elevada é positivamente correlacionada com um maior espessamento do parênquima paliçádico nesse mesmo ambiente. Trabalhos como o de Pereira et al. (2016) e Santos (2015) mostram essa relação positiva do tamanho do parênquima clorofiliano com a taxa fotossintética. Além disso, a maior espessura do limbo foliar encontrado nas altitudes mais elevadas pode facilitar a difusão de CO<sub>2</sub> no mesofilo contribuindo para uma maior taxa fotossintética (EVANS et al., 1994). Esse aumento da espessura do limbo foliar ocorre devido a um alongamento das células do parênquima paliçádico que pode ser devido a uma maior radiação encontrada em maiores altitudes. A concentração de carbono interno (Ci) foi maior na altitude mais elevada indicando que esses maiores espaços intercelulares do mesofilo facilitaram essa acumulação de carbono nas folhas.

Embora a densidade estomática tenha sido estatisticamente menor na altitude mais elevada, observa-se que a condutância estomática foi maior, indicando que o fluxo de gás foi mantido. Isso pode ser explicado pelo baixo déficit de pressão de vapor encontrado nesse ambiente. Em ambientes de floresta nebulosa foi mostrado que durante os dias nublados o déficit de pressão de vapor foi menor e a condutância estomática foi maior (URBAN et al., 2007). No entanto sabe-se que em Florestas nebulares da Serra da Mantiqueira ocorre a presença de nuvens em cerca de 65 a 90% dos dias (ELLER; LIMA; OLIVEIRA, 2013). O baixo déficit de pressão de vapor indica que nesse ambiente o estômato fica aberto por mais tempo aumentando assim a condutância estomática e mostrando uma adaptação do funcionamento.

Na altitude mais elevada foi encontrada menor eficiência no uso da água indicando uma maior transpiração das folhas como mostra os resultados. Sendo assim não só o VPD indica uma maior permanência da abertura estomática nesse ambiente, mas também a maior taxa transpiratória que evidencia uma maior saída de água pela abertura do poro estomático. Considerando que a 2100 m de altitude a umidade relativa do ar é maior como verificado nos dados microclimáticos da Tabela 1, isso explica um menor uso eficiente da água, pois a planta não precisaria maximizar a captação da mesma nesse ambiente.

O aumento dos parâmetros como condutância estomática, carbono interno, transpiração e relação  $C_i/C_a$ , possibilitam comprovar esse favorecimento do fluxo de  $CO_2$  para dentro das folhas em altitudes elevadas. Isso sugere uma estratégia de adaptação das folhas de *P. myrtifolia* nesse ambiente onde há uma redução da pressão parcial de  $CO_2$  mostrando que as plantas tiveram uma alta plasticidade fenotípica.

O número de estômatos é controlado por sinais ambientais como, por exemplo, a intensidade de luz que controla a ontogênese dos mesmos. Estudo realizado por FU et al. (2010) verificou que a densidade e o índice estomático foram menores em condições de baixa luminosidade. Outros trabalhos relatam que em níveis crescentes de  $CO_2$  há uma tendência na diminuição da densidade estomática (CASSON; HETHERINGTON, 2010). No entanto neste trabalho observou-se o contrário onde houve uma menor densidade estomática na altitude mais elevada que tem uma maior radiação e uma menor concentração de  $CO_2$ .

De acordo com a literatura existe uma variação no comportamento estomático para diferentes espécies estudadas com relação às alterações das condições ambientais. Essa divergência possivelmente está ligada ao fato que os estômatos são estruturas sensíveis e pode ter a densidade variando de modo específico para cada espécie de acordo com o ambiente. Pilliteri e Dong (2013) observaram que 75% das plantas possuem tendência a gerar menos estômatos em altos níveis de  $CO_2$ . Sendo assim a espécie *Prunus myrtifolia* faz parte da porcentagem de plantas que se comportam de maneira diferente com relação a produção de estômatos nas altitudes elevadas. Isso permite observar que tanto o controle genético como a plasticidade fenotípica favorecem a difusão e a adaptação das espécies frente às mudanças das condições ambientais em gradientes de altitude.

## CONCLUSÃO

*P. myrtifolia* apresentou plasticidade fenotípica, o que garante sucesso em ambientes de altitude. As características fisiológicas como fotossíntese e condutância estomática mostraram que essa espécie possui grande adaptação a 2100 m de altitude mediante maior abertura estomática, assim como, o aumento da espessura dos tecidos principalmente do parênquima paliçádico e dos espaços intercelulares permitindo que suas estruturas favorecessem a difusão de CO<sub>2</sub> nesses ambientes de baixa disponibilidade de gases, alta radiação e baixas temperaturas. A observação das lenticelas na nervura central da folha indica uma possível forma de auxiliar na adequação da espécie em resposta as variações ambientais.

## REFERÊNCIAS

- ARAMBARRI, A. M. et al. Morfoanatomía foliar de árboles medicinales de la Provincia Biogeográfica de las Yungas (Argentina). **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas**, Santiago, v. 8, n. 5, p. 342 - 379, Sept. 2009.
- BALSAMO, R. A. et al. Leaf biomechanics, morphology, and anatomy of the deciduous mesophyte *Prunus serrulata* (Rosaceae) and the evergreen sclerophyllous shrub *heteromeles arbutifolia* (Rosaceae). **American Journal of Botany**, v. 90, n. 1, p. 72-77, Jan. 2003.
- BRESSON, C. C. et al. To what extent is altitudinal variation of functional traits driven by genetic adaptation in European oak and beech? **Tree Physiology**, Oxford, v. 31, n. 11, p. 1164-1174, Nov. 2011.
- BRUNDRETT, M. C.; ENSTONE, D. E.; PETERSON, C. A. A berberine–aniline blue fluorescent staining procedure for suberin, lignin, and callose in plant tissue. **Protoplasma**, Wien, v. 146, n. 2, p. 133–142, June 1988.
- CASSON, S. A.; HETHERINGTON, A. M. Environmental regulation of stomatal development. **Current Opinion in Plant Biology**, London, v. 13, n. 1, p. 90–95, Feb. 2010.
- CORDELL, S. et al. Allocation of nitrogen and carbon in leaves of *Metrosideros polymorpha* regulates carboxylation capacity and  $\delta^{13}C$  along an altitudinal gradient. **Functional Ecology**, Hoboken, v. 13, n. 6, p. 811–818, Dec. 1999.
- ELLER, C. B.; LIMA, A. L.; OLIVEIRA, R. S. Foliar uptake of fog water and transport belowground alleviates drought effects in the cloud forest tree species, *Drimys brasiliensis* (Winteraceae). **New Phytologist**, Cambridge, v. 199, n. 1, p. 151-162, July 2013.
- ESAU, K. **Anatomia das plantas com sementes. Trad. Berta Lange de Morretes.** São Paulo, Edgard Blucher: Universidade de São Paulo, 1974.
- ESAU, S. **Plant anatomy.** New York: John Wiley and Son, 1965.
- EVANS, J. R. et al. The Relationship Between CO<sub>2</sub> Transfer Conductance and Leaf Anatomy in Transgenic Tobacco With a Reduced Content of Rubisco. **Functional Plant Biology**, Melbourne, v. 21, n. 4, p. 475 - 495, 1994.
- FAHN, A. **Plant anatomy.** Oxford: Pergamon Press, 1982.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** (UFLA), v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- FONT-QUER, P. **Diccionario de Botánica.** Barcelona: Labor, 1989.
- FU, Q. S. et al. Stomatal development and associated photosynthetic performance of capsicum in response to differential light availabilities. **Photosynthetica**, Dordrecht, v. 48, n. 2, p. 189-198, June 2010.
- GIEHL, E. L. H. et al. Espectro e distribuição vertical das estratégias de dispersão de diásporos do componente arbóreo em uma floresta estacional no sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 137-145, Jan. 2007.

- GRATANI, L. et al. Physiological and morphological leaf trait variations in two Apennine plant species in response to different altitudes. **Photosynthetica**, Dordrecht, v. 50, n. 1, p. 15-23, Mar. 2012.
- HULTINE, K. R.; MARSHALL, J. D. Altitude trends in conifer leaf morphology and stable carbon isotope composition. **Oecologia**, New York, v. 123, n. 1, p. 32-40, Apr. 2000.
- KARANI, L. W. et al. Safety and Efficacy of *Prunus africana* and *Warburgia ugandensis* Against Induced Asthma in BALB/c Mice. **European Journal of Medicinal Plants**, v. 3, n. 3, p. 345-368, Apr. 2013.
- KOFIDIS, G.; BOSABALIDIS, A. M.; MOUSTAKAS, M. Combined effects of altitude and season on leaf characteristics of *Clinopodium vulgare* L. (Labiatae). **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 60, n. 1, p. 69-76, May 2007.
- KÖRNER, C. The use of 'altitude' in ecological research. **Trends in Ecology and Evolution**, London, v. 22, n. 11, p. 569-574, Nov. 2007.
- MORAIS, H. et al. Modifications on leaf anatomy of *Coffea arabica* caused by shade of pigeonpea (*Cajanus cajan*). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 47, n. 6, p. 863-871, Nov. 2004.
- MORRETES, B. L.; VENTURELLI, M. Ocorrência de "Lenticelas" em folhas de *Tripodanthus acutifolius* (R. & P.) Tiegh (Loranthaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 8, p. 157-162, 1985.
- MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, London, v. 403, p. 853-858, 2000.
- NEGISHI, H. et al. Effects of Prune extract on blood pressure elevation in stroke-prone spontaneously hypertensive rats. **Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology**, Oxford, v. 34, n. S-1, p. S47-S48, Nov. 2007.
- NEISH, P. G.; DRINNAN, A. N.; LADIGES, P. Y. Anatomy of leaf-margin lenticels in *Eucalyptus denticulata* and three other eucalypts. **Australian Journal of Botany**, Melbourne, v. 43, n. 2, p. 211-221, 1995.
- O'BRIEN, T. P., N. FEDER, M. E. MCCULLY. Polychromatic staining of Plant cell walls by toluidine blue O. **Protoplasma**, New York, v. 59, n. 2, p. 368-373, June 1964.
- OLIVEIRA, A. N. et al. Composição e diversidade florístico-estrutural de um hectare de floresta densa de terra firme na Amazônia Central, Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 38, n. 4, p. 627 - 642, 2008.
- PARIDARI, I. C. et al. Leaf macro- and micro-morphological altitudinal variability of *Carpinus betulus* in the Hyrcanian forest (Iran).. **Journal of Forestry Research**, Xiangfang District, v. 24, n. 2, p. 301-307, June 2013.
- PEREIRA, M. P. et al. Cadmium tolerance in *Schinus molle* trees is modulated by enhanced leaf anatomy and photosynthesis. **Trees-Structure And Function**, Heidelberg, v. 30, n. 3, p. 807-814, June 2016.
- PILLITTERI, L. J.; DONG, J. Stomatal Development in Arabidopsis. **The Arabidopsis Book**, Washington, v. 162, p. 1-26, June 2013.

- PINKARD, E.; GILL, W.; MOHAMMED, C. Physiology and anatomy of lenticel-like structures on leaves of *Eucalyptus nitens* and *Eucalyptus globulus* seedlings. **Tree Physiology**, Oxford, v. 26, p. 989–999, May 2006.
- POMPEU, P.V. Composição e estrutura de uma floresta ombrófila densa ao longo de um gradiente altitudinal na Serra da Mantiqueira, Minas Gerais. 2011. 105 p. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)** – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.
- POMPEU, P. V. et al. Floristic composition and structure of an upper montane cloud forest in the Serra da Mantiqueira Mountain Range of Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 456-464, Sept. 2014.
- PREMOLI, A. C.; BREWER, C. A. Environmental v. genetically driven variation in ecophysiological traits of *Nothofagus pumilio* from contrasting elevations. **Australian Journal of Botany**, Collingwood, v. 55, n. 6, p. 585-591, 2007.
- RAJSNEROVA, P. et al. Morphological, biochemical and physiological traits of upper and lower canopy leaves of European beech tend to converge with increasing altitude. **Tree Physiology**, Oxford, v. 35, n. 1, p. 47-60, Jan. 2015.
- SÁ JÚNIOR, A. et al. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, Wien, v. 108, n. 1, p. 1-7, April 2012.
- SACHDEVA, M. K.; KATYAL, T. Abatement of detrimental effects of photoaging by *Prunus amygdalus* skin extract. **International Journal of Current Pharmaceutical Research**, v. 3, n. 1, p. 57-59, January 2011.
- SANTOS, K. R. et al. *Typha domingensis* Pers. growth responses to leaf anatomy and photosynthesis as influenced by phosphorus. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 122, p. 47-53, Apr. 2015.
- SILVA, A. C. et al. Comparação florística de florestas inundáveis das regiões Sudeste e Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 257-269, Junho 2007.
- SILVA, A. C. et al. Relações florísticas e fitossociologia de uma Floresta Ombrófila mista montana secundária em Lages, Santa Catarina. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 1, p. 193-206, Mar. 2012.
- SOLEREDER, H. **Systematic Anatomy of the Dicotyledons**. London: The Clarendon Press, Oxford, 1908.
- TABARELLI, M. et al. Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest: Lessons from aging human-modified landscapes. **Biological Conservation**, Oxford, v. 143, n. 10, p. 2328–2340, Oct. 2010.
- URBAN, O. et al. Ecophysiological controls over the net ecosystem exchange of mountain spruce stand. Comparison of the response in direct vs. diffuse solar radiation. **Global Change Biology**, Hoboken, v. 13, n. 1, p. 157–168, Jan. 2007.
- VILANOVA, M. R. N. Long-term rainfall trends in Serra da Mantiqueira Environmental Protection Area, southeast Brazil. **Environmental Earth Sciences**, New York, v. 73, n. 8, p. 4779-4790, Apr. 2015.

WEBER, L. D. et al. Chemical composition and antimicrobial and antioxidant activity of essential oil and various plant extracts from *Prunus myrtifolia* (L.) Urb. **African Journal of Agricultural Research** , Lagos, v. 9, n. 9, p. 846-853, Feb. 2014.