



**LEIDIANE ALVES MANOEL**

**EFEITO GENÉTICO E CLIMÁTICO SOBRE A ANATOMIA  
DE VASOS DO XILEMA EM CLONES DE *Eucalyptus***

**LAVRAS-MG**

**2021**

**LEIDIANE ALVES MANOEL**

**EFEITO GENÉTICO E CLIMÁTICO SOBRE A ANATOMIA DE VASOS DO  
XILEMA EM CLONES DE *Eucalyptus***

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Florestal, para a obtenção do título de Bacharel.

---

Dr. Otávio Camargo Campoe

Orientador  
Dr. Fábio Akira Mori  
Coorientador

**Lavras-MG**

2021  
LEIDIANE ALVES MANOEL

**EFEITO GENÉTICO E CLIMÁTICO SOBRE A ANATOMIA DE VASOS DO  
XILEMA EM CLONES DE *Eucalyptus***

**GENETIC AND CLIMATIC EFFECTS ON XYLEM VESSELS IN *Eucalyptus*  
CLONES**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Florestal, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 24 de Novembro de 2021  
Dr. Fábio Akira Mori (Coorientador)  
Universidade Federal de Lavras  
Dr. Paulo Ricardo Gherardi Hein (Examinador)  
Universidade Federal de Lavras  
Me. Paulo Junio Duarte (Examinador)  
Universidade Federal de Lavras

---

Dr. Otávio Camargo Campoe (Orientador)  
Universidade Federal de Lavras

Lavras-MG  
2021

**Ao meu professor e orientador Otávio Camargo Campoe pela dedicação aos seus alunos e orientados, privilegiando-nos com a participação em projetos e trabalhos de grande relevância para o setor florestal brasileiro, por exemplo como o TECHS, de forma a nos proporcionar um sentimento de capacidade, responsabilidade, realização e dignidade pessoal e profissional.**

**Dedico**

## AGRADECIMENTOS

**À Deus por guiar todos os meus passos e manifestar-se por meio das pessoas, de forma que ao longo desta caminhada eu pudesse adquirir além do conhecimento acadêmico o crescimento como ser humano.**

**À minha querida mãe por acreditar que o estudo é o melhor caminho, ter me apoiado e proporcionado todos os meios para que eu pudesse realizar este sonho.**

**Aos meus queridos professores, todos eles, cada um com suas particularidades, porém com a mesma competência e propriedade de conhecimento em suas respectivas áreas, meus sinceros agradecimentos e admiração.**

**À Tatiani Pech pelo apoio nas análises de dados e estatística.**

**A todos do Laboratório de Anatomia e Produtos Químicos da Madeira da Universidade Federal de Lavras, em especial ao Fábio Akira Mori, ao Paulo Junio Duarte e à Jéfyne Campos Carréra, pelo apoio técnico essencial na realização desse trabalho.**

**Ao Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), pelo apoio financeiro.**

**Muito obrigada!**

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis”.

(José de Alencar)

## RESUMO

O setor florestal brasileiro é de extrema importância para a sustentabilidade do País. O Brasil é um dos grandes produtores de árvores no mundo, essencial para o fornecimento de energia e matéria-prima para diversos fins industriais. Estudos acerca da anatomia da madeira possibilitam conhecer a dinâmica fisiológica da planta e entender as respostas que elas apresentam aos diferentes fatores ambientais de cada região climática. O objetivo deste trabalho foi verificar se existe modificação anatômica nos vasos de clones de *Eucalyptus*, quando comparamos um clone produtivo e um clone resistente à seca, expostos a um mesmo gradiente de estresse hídrico. Os clones apresentaram diferentes resultados nos valores médios de diâmetro e frequência de vasos em todos os três sítios demonstrando que o fator climático de cada sítio, assim como o tipo de clone, foram fatores influenciadores na modificação dos vasos. O clone *E. urophylla* apresentou maiores diâmetros de vasos e o *E. grandis x E. camaldulensis* maior frequência. As modificações no diâmetro e frequência aconteceram em conformidade com resultados de outros estudos realizados em condições iguais e semelhantes para os clones *Eucalyptus urophylla* e *E. grandis x E. camaldulensis*, mostrando as diferentes estratégias de adaptação dos clones ao estresse hídrico. Através dos resultados deste trabalho foi possível concluir que as variáveis frequência e diâmetro são inversamente proporcionais e que essas estratégias adaptativas, sendo característica para cada clone, possuem além do componente genético também o componente ambiental, de modo que essas informações servem de subsídio para programas de melhoramento genético.

**Palavras-chave:** Silvicultura. Anatomia de vasos. Gradiente climático. Anatomia ecológica. Clones de *Eucalyptus*.

## ABSTRACT

The Brazilian forestry sector is extremely important for the sustainability of the country. Brazil is one of the major producers of trees in the world, essential for the supply of energy and raw materials for various industrial purposes. Studies related to wood anatomy enable to understand the physiological dynamics of the plant and understand the answers they present to the different environmental factors of each climatic region. The objective of this work was to verify if there is anatomical modification in the vessels of *Eucalyptus* clones, when we compared a productive clone and a drought-resistant clone, exposed to the same gradient of water stress. The clones presented different results in the mean values of diameter and frequency of vessels in all three sites, demonstrating that the climate factor of each site, as well as the type of clone, were influencing factors in the modification of the vessels. Clone *E. urophylla* presented larger vessel diameters and *E. grandis* x *E. camaldulensis* higher frequency. The modifications in the diameter and frequency are in accordance with results from other studies carried out in similar conditions for the *Eucalyptus urophylla* clones and *E. grandis* x *E. camaldulensis*, showing the different strategies of adapting clones to water stress. Through the results of this work it was possible to conclude that the variables frequency and diameter are inversely proportional and that these adaptive strategies, being characteristic for each clone, also have the genetic component also the environmental component, so that this information serves as a subsidy for genetic improvement programs.

**Keywords:** Forestry. Wood anatomy. Climate gradient. Ecology anatomy. *Eucalyptus* clones.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>REFENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>13</b>
<b>3.1</b>	<b>Área de coleta e material de estudos.....</b>	<b>13</b>
<b>3.2</b>	<b>Preparo dos corpos de prova .....</b>	<b>14</b>
<b>3.3</b>	<b>Preparo das lâminas permanentes .....</b>	<b>14</b>
<b>3.4</b>	<b>Análise e obtenção das imagens.....</b>	<b>15</b>
<b>3.5</b>	<b>Análise dos dados.....</b>	<b>15</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>21</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>22</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O setor florestal é essencial no fornecimento de energia e matéria-prima no mundo inteiro para indústrias da construção e transformação (SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS- SNIF, 2016).

O setor de árvores plantadas no Brasil fechou 2018 com participação de 1,3% do PIB nacional e 6,9% do PIB industrial, apresentou ainda um crescimento de 13,1% comparado ao ano anterior alcançando uma receita setorial de R\$ 86,6 bilhões. Essa evolução do segmento foi muito superior à média nacional, que registrou um aumento no Produto Interno Bruto (PIB) Nacional de 1,1%, enquanto o da agropecuária evoluiu 0,1%, o setor de serviços, 1,3% e a indústria em geral, 0,6% (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES- IBA, 2019).

A partir das florestas plantadas uma variedade de produtos é gerada incluindo madeira serrada, papel, celulose, pisos e painéis de madeira e carvão vegetal, além de outros a partir destes. Os produtos florestais não madeireiros também fazem parte da cadeia produtiva do setor florestal e são usados na indústria alimentícia, farmacêutica e cosmética.

O Brasil é o país que mais exporta celulose no mundo atualmente (IBA, 2019) e tem grande potencial de mercado para continuar crescendo no setor florestal nacional e internacional. O país tem características edafoclimáticas favoráveis para o sucesso das florestas plantadas e possui uma tecnologia florestal que é referência mundial, portanto tal tecnologia se estende às técnicas de silvicultura e manejo florestal.

A área total de árvores plantadas no Brasil totalizou 7,83 milhões de hectares em 2018, sendo 5,7 milhões de hectares desse total ocupados por plantações de eucalipto e mesmo com impacto das alterações climáticas no crescimento das plantações, principalmente o desequilíbrio do regime de chuvas em várias partes do território nacional, a produtividade de eucalipto apresentou um aumento médio de 0,5% ao ano (IBA, 2019).

Com a diversidade existente de *Eucalyptus* sp. é possível direcionar as melhores espécies para um determinado fim e graças aos estudos realizados (CÂMARA, 2020; QUEIROZ, 2020; ALMEIDA et al., 2020. 210; BINKLEY et al., 2017), às técnicas Silviculturais e ao melhoramento genético é possível aproveitar dos recursos que a floresta plantada dispõe, porém em menos tempo.

As florestas plantadas são formadas por meio de sementes selecionadas ou por clones. As grandes empresas que atuam no mercado florestal trabalham com florestas clonais, mas o clone florestal pode apresentar diferentes respostas dependendo do ambiente em que está, pois o volume de chuvas e a temperatura, por exemplo, influenciam diretamente em seu desenvolvimento. Motivadas por obter resultados cada vez mais satisfatórios as empresas vêm

investindo em pesquisas com objetivo de conhecer a dinâmica do desenvolvimento das espécies plantadas. Assim, além de conhecimentos técnicos, faz-se necessário o conhecimento de cada espécie em particular e mais precisamente a forma como elas se comportam quando expostas a condições bióticas e abióticas de forma que a fisiologia, ou seja, as respostas a essas condições a nível de mudanças nas suas estruturas e como isso pode impactar no seu desenvolvimento podem afetar a qualidade do produto final e não menos importante a cadeia produtiva-econômica da monocultura.

Diante dos dois principais efeitos esperados das mudanças climáticas antropogênicas, alterações nos regimes de chuva (RAWAL et al., 2014) e aumento da temperatura média anual (ASPINWALL et al., 2019) há uma demanda de estudos com espécies responsivas ao ambiente de crescimento, como o eucalipto.

O conhecimento microscópico da anatomia da madeira é uma ferramenta importante onde o estudo de estruturas específicas permitem inferir sobre o funcionamento interno da planta de modo que resultará num entendimento de seus mecanismos podendo contribuir para um avanço tecnológico na Silvicultura e genética, possibilitando direcionar a melhor espécie e/ou clone para um determinado local considerando suas características edafoclimáticas e ecológicas. Combinada com as técnicas silviculturais e de manejo florestal, a escolha correta proporcionará um maior sucesso do plantio de maneira que se tenha menores perdas e um produto final de melhor qualidade.

Assim este trabalho objetivou verificar se existem modificações anatômica nos vasos de clones de *Eucalyptus*, quando comparamos um clone produtivo e um clone resistente à seca, expostos a um mesmo gradiente de estresse hídrico.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

As florestas plantadas objetivam suprir a demanda por madeira de forma sustentável e contribuem com a conservação das florestas naturais e a manutenção da biodiversidade brasileira. O setor florestal é essencial no fornecimento de energia e matéria-prima no mundo inteiro para indústrias da construção e transformação (SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS- SNIF, 2016) e apresenta grande importância econômica para o país movimentando mercado interno e externo.

A contribuição do setor na balança comercial teve um saldo de US\$ 10,3 bilhões em 2019, o segundo melhor resultado dos últimos 10 anos. Representando 1,2% do PIB Nacional e receita bruta total de R\$ 97,4 bilhões o setor também gerou oportunidade a 3,75 milhões de brasileiros em 2019 e prevê que até 2023 deve criar mais 36 mil novos postos de trabalho (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES-IBA, 2020).

Segundo a Pevs 2020 (pesquisa Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura) divulgada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), a área estimada de

florestas plantadas no Brasil totalizou 9,3 milhões de hectares dos quais 70,6% concentram-se nas regiões Sul e Sudeste. As áreas com cobertura de eucalipto corresponderam a 80,2% das florestas plantadas para fins comerciais no país. Enquanto 44,3% das áreas de eucalipto concentraram-se na Região Sudeste, no Sul observou-se predominância de florestas de pinus, correspondentes a 84,6% do total.

O *Eucalyptus* é o gênero mais plantado no Brasil por sua capacidade de adaptabilidade, plasticidade e variedade de espécies possíveis de explorar. A expansão do plantio de *Eucalyptus* exige que este gênero seja submetido a diferentes ambientes com características climáticas diversas. Mudanças nas condições climáticas estimulam a atividade cambial das plantas e podem modificar as características da madeira (ZOBEL; JETT, 1995).

As alterações climáticas resultantes das atividades humanas como o uso de combustíveis fósseis, a agricultura e a mudança no uso da terra (URZEDO et al., 2013) tende a se intensificar futuramente afetando os seguimentos da cadeia produtiva de base florestal no Brasil (CHRISTINA et al., 2017).

Um relatório desenvolvido em conjunto pelo Instituto Ambiental de Estocolmo (SEI), Instituto Internacional de Desenvolvimento Sustentável (IISD), Instituto de Desenvolvimento Internacional (ODI), E3G, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e pela ONU denominado Relatório sobre a Lacuna de Produção, trouxe em edição especial de 2020, que entre 2020 e 2030 a produção global de carvão, petróleo e gás, teria que diminuir anualmente em 11%, 4% e 3%, respectivamente, para limitar em 1,5°C o aquecimento global e atingir os objetivos climáticos do Acordo de Paris.

Mudanças nas condições climáticas estimulam a atividade cambial das plantas e podem modificar as características da madeira (ZOBEL; JETT, 1995). As condições ambientais podem alterar as propriedades da madeira, porém isto ocorre de forma diferente em cada espécie e por isto é necessário considerar as propriedades físicas e características específicas da madeira para que esta seja utilizada de forma eficaz (RAYMOND, 2002). As duas principais maneiras de

alterar essas características são o melhoramento genético e o manejo de plantios em diferentes ambientes (CREGG, B. M.; DOUGHERTY, 1988), sendo uma das formas de avaliar a plasticidade dessas propriedades na comparação entre ambientes (BURDON et al., 2017).

As espécies do gênero *Eucalyptus* compõem o grupo das Angiospermas que são plantas vasculares. O sistema vascular possui dois componentes principais: o xilema, ou lenho, pelo qual a água passa em direção ascendente no corpo da planta, e o floema, ou líber, pelo qual o alimento produzido nas folhas e em outras partes fotossintetizantes da planta é transportado no corpo da planta. É esse eficiente sistema de condução que dá ao principal grupo de plantas – as plantas vasculares – seu nome. Além do crescimento primário, muitas plantas apresentam um crescimento adicional que aumenta em espessura o caule e a raiz; tal crescimento é denominado crescimento secundário. Ele é resultado da atividade de meristemas laterais, um dos quais, o câmbio vascular, produz os tecidos vasculares secundários conhecidos como xilema secundário e floema secundário.

As principais células de condução do xilema são os elementos traqueais, que são de dois tipos: as traqueídes e os elementos de vaso nas Angiospermas (RAVEN et al., 2014). Diferentemente das traqueídes, os elementos de vaso possuem as paredes terminais perfuradas, permitindo que sejam empilhados extremidade com extremidade, para formar um conduto muito maior denominado vaso. Os vasos são condutos multicelulares que variam em comprimento, tanto dentro das espécies quanto entre elas (LINCOLN et al, 2017).

Os elementos de vaso são estruturas que se modificam em resposta ao estresse sofrido pela planta, variando seu comprimento e diâmetro assim como sua frequência (PFAUTSCH et al., 2016a). Considerando que o clima é potencialmente um grande influenciador dessas características da madeira, e que as condições climáticas se modificam em diferentes escalas (CHOAT et al., 2008), tanto in situ, com alterações promovidas por possíveis mudanças climáticas (ELLI et al., 2020), como em escala geográfica, na expansão das fronteiras florestais (CALDEIRA et al., 2020), avaliar as modificações nas características da madeira provenientes da exposição às variações climáticas, torna-se um fator a ser investigado.

O conhecimento microscópico da anatomia da madeira é uma ferramenta importante onde o estudo de estruturas específicas permitem inferir sobre o funcionamento interno da planta de modo que resultará num entendimento de seus mecanismos podendo contribuir para um avanço tecnológico na Silvicultura e genética, possibilitando direcionar a melhor espécie e/ou clone para um determinado local considerando suas características edafoclimáticas e ecológicas.

Em geral, as espécies adaptadas às condições de restrição hídrica possuem ajustes na estrutura anatômica para reduzir o risco de cavitação, como: redução do diâmetro dos vasos, aumento na frequência vascular e espessura de parede, elementos de vasos mais curtos (LENS

et al., 2011, 2016) e menor índices de vulnerabilidade (razão entre diâmetro e frequência do vaso) (CARLQUIST, 2009). Contudo, em eucalipto essa resposta parece controversa, pois algumas espécies não apresentaram tendências de reação ao estresse hídrico (DREW; PAMMENTER, 2006; SEARSON et al., 2004).

Diante disso verificar a anatomia do xilema nos clones mais plantados no Brasil: *E. urophylla* e *E. grandis* x *E. camaldulensis* contribuirá para o entendimento de suas interações com o meio, sendo esta informação essencial para a manutenção e sucesso dos plantios no futuro, visto que as mudanças climáticas já estão acontecendo.

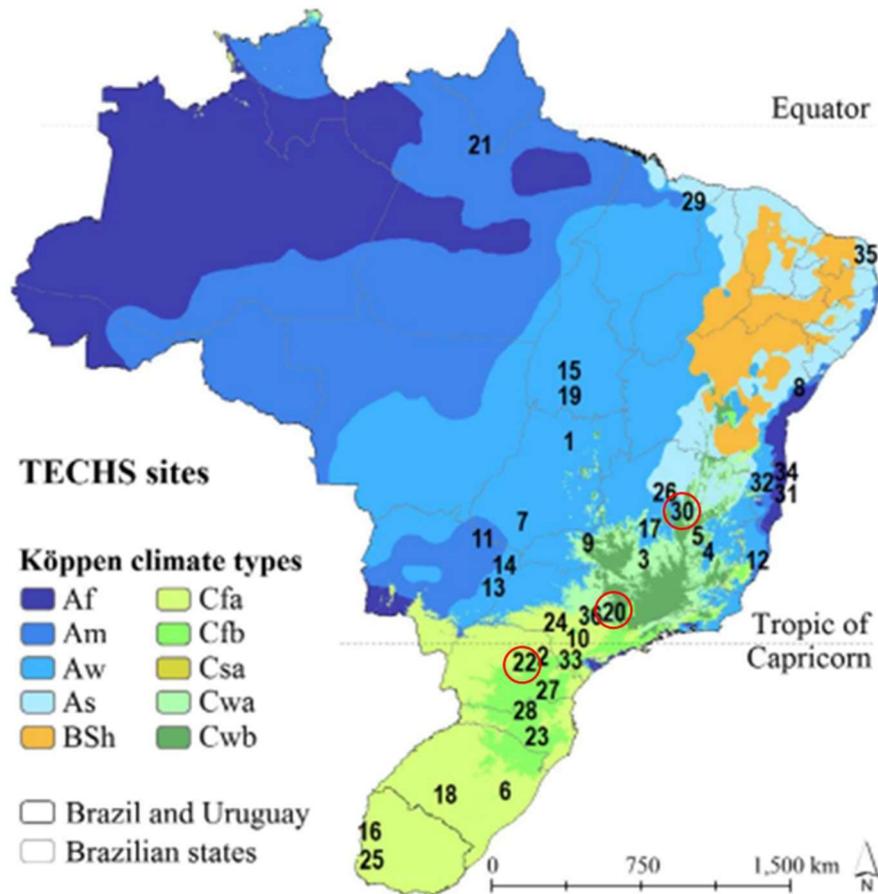
### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área de coleta e material de estudos

O material dos clones de *Eucalyptus* foram coletados nas áreas experimentais do Projeto TECHS (Tolerância de *Eucalyptus* Clonais aos Estresses Hídrico, Térmico e Biótico, Binkley et al., 2017) coordenado pelo Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais (IPEF) (BINKLEY et al., 2020) que dispõe de 36 sítios experimentais que vão do norte do Pará (Brasil) até o Uruguai. Na figura 1 podemos observar a localização dos sítios escolhidos identificados por um círculo vermelho no mapa.

Para este trabalho foram escolhidos dois clones de grande importância comercial C3: *E. grandis* x *E. camaldulensis* e A1: *E. urophylla*, denominados clones plásticos com base na adequação esperada para uma ampla gama de condições ambientais (BINKLEY et al., 2017), com idade aproximada de seis anos e selecionados 3 sítios distintos: sítio 30 em Bocaiúva/MG, sítio 20 em Mogi-Guaçu/SP e sítio 22 em Telêmaco Borba/PR, representando um gradiente decrescente de precipitação, sendo o sítio 30 o mais seco e o sítio 22 o mais úmido. De acordo com a classificação de Köppen o clima em Bocaiúva é classificado como Aw - clima tropical, chove muito mais no verão que no inverno, tem temperatura média de 22.3 °C e pluviosidade média anual de 1058 mm, já em Mogi-Guaçu é classificado como Cwa, o clima é quente e temperado, chove muito menos no inverno que no verão, a temperatura média anual é de 20.3 °C e a pluviosidade média anual é de 1344 mm, em Telêmaco Borba a classificação do clima é Cfa - quente e temperado com pluviosidade significativa ao longo do ano mesmo no mês mais seco, a temperatura média anual é 18.4 °C e a pluviosidade média anual é 1378 mm.

**Figura 1-** Localização dos 36 sítios do projeto de pesquisa TECHS.



Legenda: As áreas circuladas indicam os sítios selecionados para o estudo.

Fonte: Alvares et al., 2013a. Adaptado.

### 3.2 Preparo dos corpos de prova

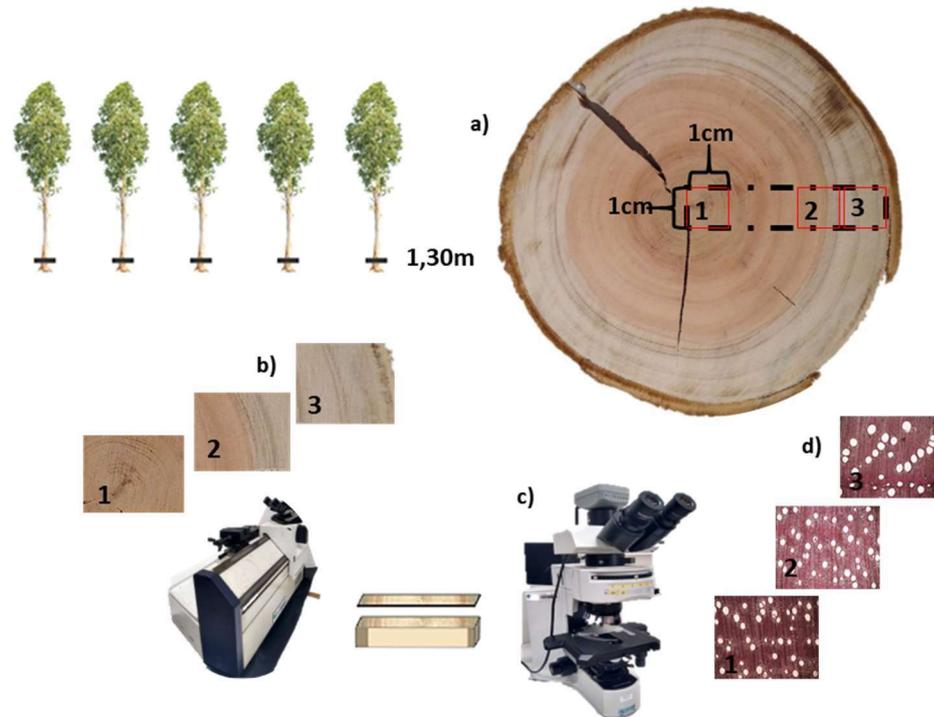
Em cada sítio foram selecionadas aleatoriamente cinco árvores de cada clone e coletados de cada uma delas um disco na altura do DAP (1,30 m a partir do solo), totalizando 30 discos. De cada disco coletado, foram retiradas três subamostras (corpos-de-prova), nas regiões interna, intermediária e periférica, respectivamente (Figura 2.a, b). O material coletado foi encaminhado ao Laboratório de Anatomia da Madeira, localizado no Departamento de Ciências Florestais da UFLA, para realização das análises anatômicas.

### 3.3 Preparo das lâminas permanentes

Dos corpos de prova foram retirados cortes histológicos da secção transversal para cada amostra. Os cortes foram obtidos utilizando um micrótomo de deslize (Jung SM2000 Leica) na espessura de 10 a 12  $\mu\text{m}$  (Figura 2.c, d). Posteriormente foram clarificados em solução de hipoclorito de sódio, lavados com álcool 20%, passando depois por coloração com safranina alcoólica e em série alcoólica, nas concentrações de 50%, 70%, 80 e álcool

absoluto, onde permaneceram pelo período de 5 minutos cada. Ainda, seguiram pelas soluções de álcool-acetato, nas proporções 3:1, 1:1, 1:3, finalizando em acetato PA. Passadas as etapas de coloração e desidratação, os cortes foram montados com Entelan em lâminas e lamínulas.

**Figura 2-** Esquema metodológico realizado nas 5 árvores de cada clone, *Eucalyptus urophylla* e *E. grandis x E. camaldulensis*, nos 3 sítios estudados.



Legenda: a): amostragem dos discos e localização dos corpos de prova analisados no sentido medula-casca; b): corte histológico dos corpos de prova em micrótomo; c): análise anatômica dos cortes histológicos no microscópio; d): anatomia de vasos equivalente às posições 1,2,3, no sentido medula-casca.

Fonte: Do autor.

### 3.4 Análise e obtenção das imagens

As amostras foram comparadas através de análise descritiva por meio das imagens capturadas pela câmera PixeLINK Megapixel FireWire Câmera modelo PL-A662 acoplada ao microscópio de luz óptica OLYMPUS BX41 e ao computador onde o software Win CELL® foi calibrado previamente para objetiva de 10x na qual as fotomicrografias foram realizadas e posteriormente processadas com o software FIJI a fim de se obter o diâmetro e frequência de vasos/poros de acordo com a Norma para descrição anatômica do Comitê IAWA (ALFONSO, et al., 1989) e as adaptações da referida norma, realizadas por Coradin e Muñiz (1992).

### 3.5 Análise dos dados

Os dados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA), empregando o teste de Tukey para comparação de médias a 95% de probabilidade. As análises estatísticas foram processadas com o auxílio do pacote ExpDes, no software R (versão 3.5.0).

#### 4 RESULTADOS

O teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk) a 5% de significância, realizado para a variável frequência dos vasos, apresentou distribuição não normal e por isso os dados tiveram que ser transformados por meio de log10 para realizar a análise de variância (FIGURA 3). Os resultados apresentados constatarem a não interação Sítio: Clone para a variável em questão e somente o efeito individual foi observado (FIGURAS 4). As médias de clone e sítio considerando 6 tratamentos estão representadas na Figura 5. O clone C3 apresentou valores maiores para frequência média de vasos nos três sítios estudados quando comparado com o clone A1 e dentre os sítios a maior frequência de vasos foi representada pelo sítio 30-Bocaiúva/MG, o mais seco dos três, como demonstrado no gráfico (FIGURA 6).

**Figura 3-** Análise de variância após a transformação dos dados de frequência.

Anova Table					
Response: log frequencia					
	Sum	Sq	Df	F value	Pr(>F)
Sítio	1.2700	2	35.284	2.594e-14	***
Clone	1.0584	1	58.813	3.307e-13	***
Residuals	4.7691	265			

Fonte: RStudio.

**Figura 4-** Efeito individual para Clone e Sítio.

Clone	emmean	SE	df	lower.CL	upper.CL	group
A1	1.06	0.0116	265	1.04	1.09	a
C3	1.19	0.0115	265	1.16	1.21	b
Sítio	emmean	SE	df	lower.CL	upper.CL	group
22	1.03	0.0141	265	0.999	1.07	a
20	1.15	0.0142	265	1.117	1.18	b
30	1.20	0.0141	265	1.161	1.23	b

Fonte: RStudio.

Legenda: As médias seguidas da mesma letra não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey. Sítios: 22 (úmido), 20 (intermediário), 30 (seco).

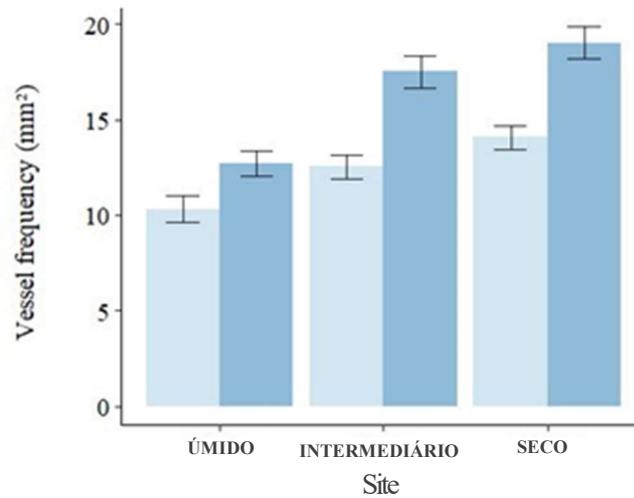
**Figura 5-** Média considerando 6 tratamentos.

Sítio	Clone	emmean	SE	df	lower.CL	upper.CL	group
22	A1	0.97	0.0163	265	0.926	1.01	a
20	A1	1.09	0.0165	265	1.044	1.13	b
22	C3	1.10	0.0163	265	1.052	1.14	b
30	A1	1.13	0.0163	265	1.089	1.18	b
20	C3	1.21	0.0164	265	1.170	1.26	c
30	C3	1.26	0.0163	265	1.214	1.30	c

Fonte: RStudio.

Legenda: As médias seguidas da mesma letra não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey. Sítios: 22 (úmido), 20 (intermediário), 30 (seco).

**Figura 6-** Frequência de vasos. Valores correspondentes às médias e as barras ao desvio padrão.



Legenda: Clone C3 (coluna azul escuro); Clone A1 (coluna azul claro).

Para a variável diâmetro de vasos houve interação Sítio: Clone, por isso foi realizado o desdobramento da análise estatística (FIGURAS 7, 8, 9, 10, 11). O clone A1 apresentou vasos com maiores diâmetros em todos os sítios quando comparado com o clone C3 e analisando cada sítio o observado foi que os maiores diâmetros foram representados pelo sítio 22- Telêmaco Borba/PR, o mais úmido, tanto para o clone A1 quanto para o clone C3, como demonstrado no gráfico (FIGURA 12).

**Figura 7-** Interação Sítio com o clone A1.

Sítio	Médias	
22	165.1209	a
20	148.6412	b
30	148.4528	b

Fonte: Do Autor.

Legenda: As médias seguidas da mesma letra não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey. Sítios: 22 (úmido), 20 (intermediário), 30 (seco).

**Figura 8-** Interação Sítio com o clone C3.

Sítio	Médias	
22	139.545	a
30	111.8744	b
20	110.9928	b

Fonte: Do Autor.

Legenda: As médias seguidas da mesma letra não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey. Sítios: 22 (úmido), 20 (intermediário), 30 (seco).

**Figura 9-** Interação Clone com Sítio 22 (úmido).

Sítio	Médias	
A1	165.1209	a
C3	139.545	b

Fonte: Do Autor.

Legenda: As médias seguidas da mesma letra não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey. Sítios: 22 (úmido), 20 (intermediário), 30 (seco).

**Figura 10-** Interação Clone com Sítio 20 (intermediário).

Sítio	Médias	
A1	148.6412	a
C3	110.9928	b

Fonte: Do Autor.

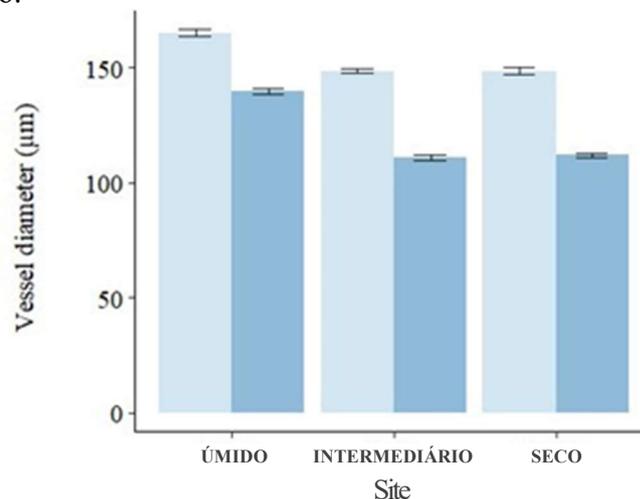
Legenda: As médias seguidas da mesma letra não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey. Sítios: 22 (úmido), 20 (intermediário), 30 (seco).

**Figura 11-** Interação Clone com Sítio 30 (seco).

Sítio	Médias	
A1	148.4528	a
C3	111.8744	b

Fonte: Do Autor.

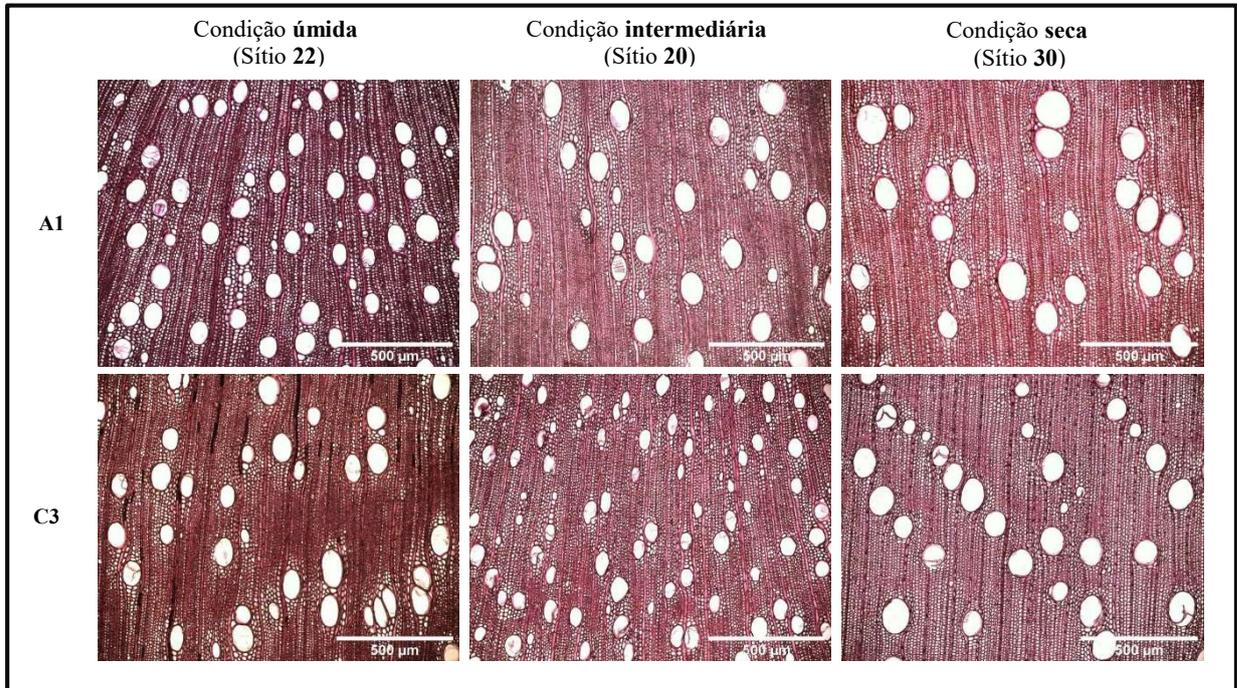
Legenda: As médias seguidas da mesma letra não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey. Sítios: 22 (úmido), 20 (intermediário), 30 (seco).

**Figura 12-** Interação Sítio: Clone. Valores correspondentes às médias e as barras ao desvio padrão.

Legenda: Clone A1 (coluna azul claro); Clone C3 (coluna azul escuro).

Nas fotomicrografias correspondentes a cada posição dos discos: posição interna (FIGURA 13), intermediária (FIGURA 14) e periférica (FIGURA 15) foi possível observar o diâmetro e a frequência dos vasos de cada clone em cada sítio estudado:

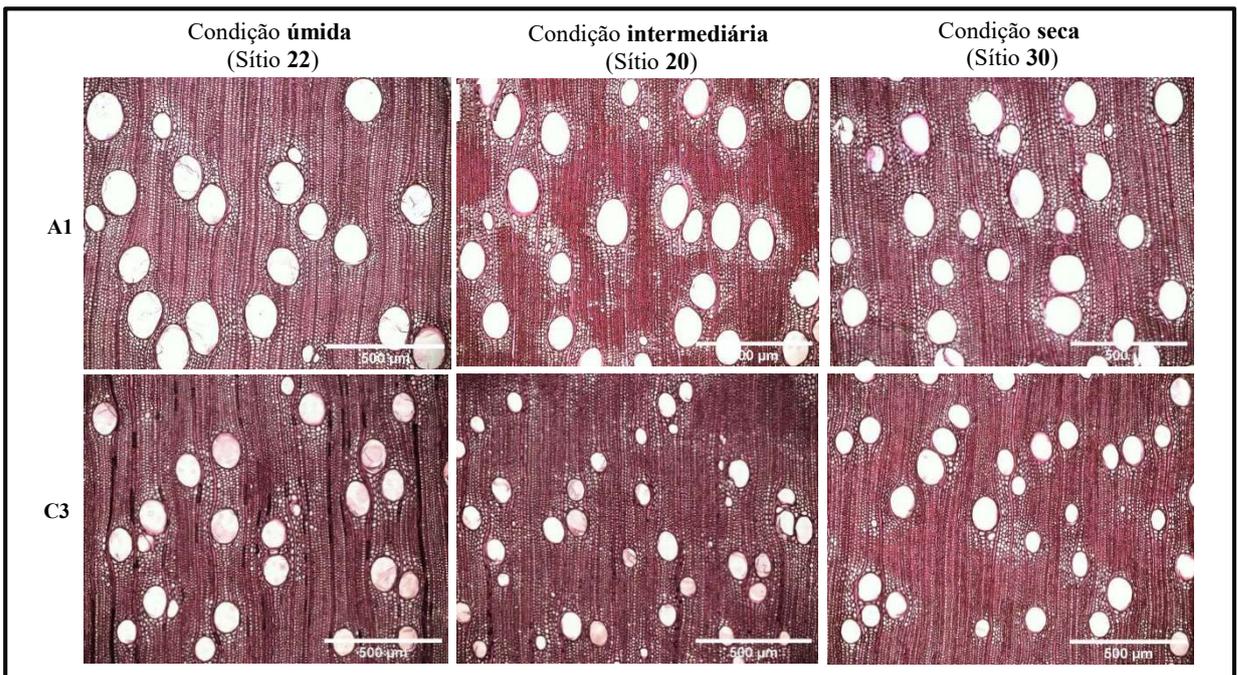
**Figura 13-** Fotomicrografias do plano transversal na posição interna (medula) do disco.



Legenda: A1 clone *Eucalyptus urophylla*; C3 clone *E. grandis x E. camaldulensis*.

Fonte: Do Autor.

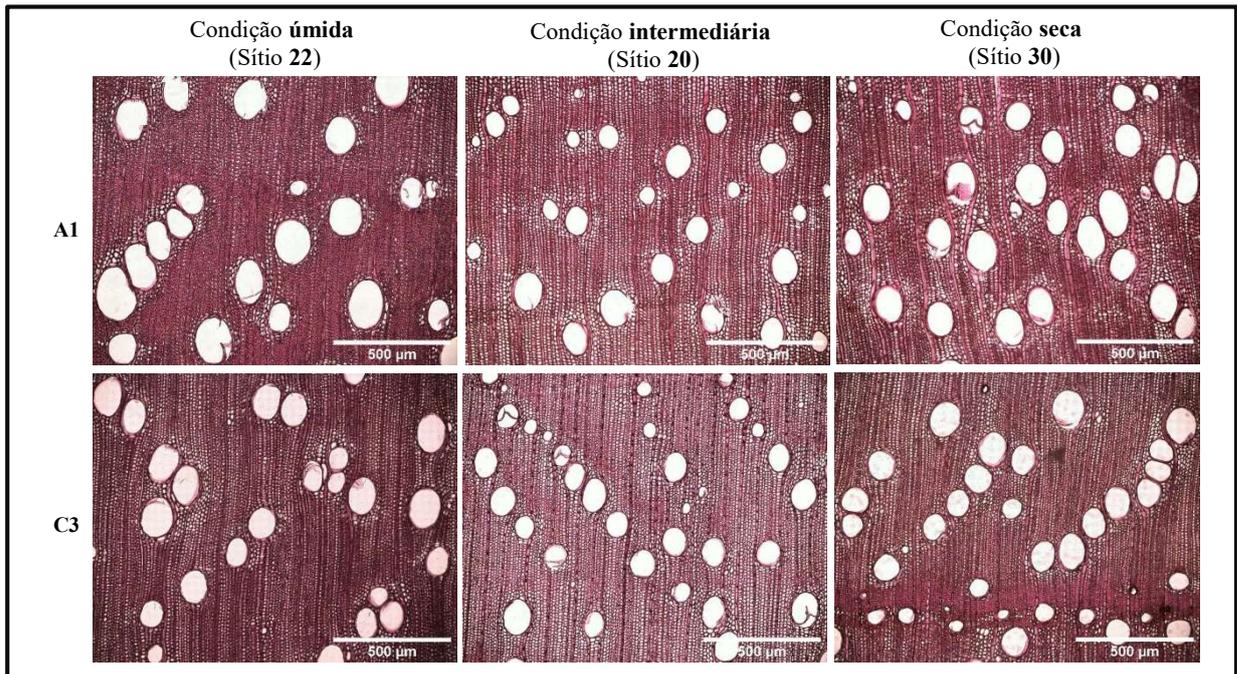
**Figura 14-** Fotomicrografias do plano transversal na posição intermediária (cerne/alburno) do disco.



Legenda: A1 clone *Eucalyptus urophylla*; C3 clone *E. grandis x E. camaldulensis*.

Fonte: Do Autor.

**Figura 15-** Fotomicrografias do plano transversal na posição periférica (alburno) do disco.



Legenda: A1 clone *Eucalyptus urophylla*; C3 clone *E. grandis* x *E. camaldulensis*.

Fonte: Do Autor.

## 5 DISCUSSÃO

Os maiores diâmetros de vasos, para ambos os clones, encontrados no sítio mais úmido: 22- Telêmaco Borba/PR têm relação com a segurança hidráulica como verificado no trabalho de Harbusch (2014) e citado por Câmara, et al. (2020), afirmando que em sítios mais úmidos há ocorrência de maiores diâmetros de vasos.

A maior produtividade do clone A1 foi verificada no trabalho de Binkley, et al., (2017) no sítio 22-Telêmaco Borba/PR seguido do clone C3 com maior produtividade no mesmo sítio. Para o gênero *Eucalyptus*, a disponibilidade de água no solo é um fator determinante e limitador, relacionado aos impactos negativos na produtividade de biomassa (ELLI et al., 2019), então fazendo uma associação deste presente trabalho com os resultados obtidos pelos trabalhos citados é possível dizer que um maior diâmetro dos vasos interfere positivamente na produtividade já que se apresentou nos clones localizados no sítio mais úmido.

A maior frequência de vasos foi observada para o clone C3, principalmente no sítio 30-Bocaiúva/MG, o mais seco, estando de acordo com Lens et al., (2016): “De modo geral, as espécies adaptadas às condições de restrição hídrica possuem ajustes na estrutura anatômica para reduzir o risco de cavitação, como: redução do diâmetro dos vasos, aumento na frequência”.

No trabalho de Câmara, et al., (2020) verificou-se que o sítio 30- Bocaiúva/MG, promoveu maior produção de alburno para ambos os clones, *Eucalyptus urophylla* e *E. grandis* x *E. camaldulensis*, sendo maior no último (66,3%) no DAP.

Ainda segundo Câmara, et al., (2020) as variáveis de crescimento possuem correlações com a formação da madeira, a citar a porcentagem de alburno e a relação C/A que em seu trabalho foi 41,9% de cerne e 58,1% de alburno verificados no DAP, no clone *Eucalyptus urophylla* e 33,7% de cerne e 66,3% de alburno no clone *E. grandis x E. camaldulensis*, o que permite fazer relação com os resultados apresentados para frequência de vasos neste presente trabalho e também com os resultados de maior produtividade do clone *Eucalyptus urophylla* encontrados no trabalho de Binkley, et al., (2017).

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados demonstraram a diferença anatômica dos vasos entre os clones e entre os três sítios estudados de forma a confirmar que houve interferência pelo fator clima.

Ademais foi possível concluir que as variáveis frequência e diâmetro são inversamente proporcionais e que essas estratégias adaptativas, sendo característica para cada clone, possuem além do componente genético também o componente ambiental.

De modo geral o clone A1 apresentou maiores diâmetros de vaso, enquanto que o clone C3, maior frequência de vasos.

As modificações no diâmetro e frequência aconteceram em conformidade com resultados de outros estudos realizados em condições iguais e semelhantes para os clones *Eucalyptus urophylla* e *E. grandis x E. camaldulensis*.

Os resultados gerados neste trabalho referem-se à média das três posições do disco de cada clone, sendo as posições: interna (medula), intermediária (cerne/alburno) e periférica (alburno). Um estudo continuado e detalhado acerca das posições de forma individualizada, seria interessante para inferir sobre o desenvolvimento desses clones em cada fase, de modo que os resultados seriam de grande importância para programas de melhoramento e proporcionariam uma maior compreensão da fisiologia desses clones, servindo também de base para estudos futuros com clones de outras espécies de *Eucalyptus*.

## REFERÊNCIAS

- ALFONSO, V. A.; BASS, P.; CARLQUIST, S.; CHIMELO, J. P.; CORADIN, V. T. R.; GASSON, P.; GROSSER, D.; ILIX, J.; KURODA, K.; MILLER, R. B.; OGATA, K.; RICHTER, H.; WELLE, B.; WHEELER, E. **IAWA list of microscopic features**. IAWA, v. 10, n. 3, p. 219–332, 1989.
- ALMEIDA, M. N. F. *et al.* **Heartwood variation of *Eucalyptus urophylla* is influenced byclimatic conditions**. Forest Ecology and Management, v. 458, p. 1–10, 2020.
- ALMEIDA, A.C., SIGGINS, A., BATISTA, T.R., FONSECA, S., LOOS, R. **Mapping the effect of spatial and temporal variation in climate and soils on *Eucalyptus* plantation production with 3-PG, a process-based growth model**. For. Ecol. Manage. 259, 1730–1740, 2010.
- ALVARES, C.A., STAPE, J.L., SENTELHAS, P.C., GONÇALVES, J.L.M. **Modeling monthly mean air temperature for Brazil**. Theoret. Appl. Climatol. 113, 407–427. 2013a.
- ALVARES, C.A., Stape, J.L., SENTELHAS, P.C., GOLÇALVES, J.L.M. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorol. Z. 22, 711–728. 2013b.
- ASPINWALL, M. J. *et al.* **Range size and growth temperature influence *Eucalyptus* speciesresponses to an experimental heatwave**. Global Change Biology, v. 25, n. 5, p. 1665–1684, 2019.
- BINKLEY, D. *et al.* **The interactions of climate, spacing and genetics on clonal *Eucalyptus* plantations across Brazil and Uruguay**. Forest Ecology and 80 Management, v. 405, p. 271–283, 2017.
- BINKLEY, D. *et al.* **Variation in whole-rotation yield among *Eucalyptus* genotypes in response to water and heat stresses: The TECHS project**. Forest Ecology and Management, v.462, n. 117953, 2020.
- BURDON, R. D.; LI, Y.; SUONTAMA, M.; DUNGEY, H. S. **Genotype × site × silvicultureinteractions in radiata pine: knowledge, working hypotheses and pointers for research**. New Zealand Journal of Forestry Science, v. 47, n. 1, p. 1–7, 2017.
- CALDEIRA, D. R. M.; ALVARES, C. A.; CAMPOE, O. C.; HAKAMADA, R. E.; GUERRINI, I. A.; CEGATTA, I. R.; STAPE, J. L. **Multisite evaluation of the 3-PG model for the highest phenotypic plasticity *Eucalyptus* clone in Brazil**. Forest Ecology and Management, v. 462, n. February, p. 117989, 2020.
- CÂMARA, A. P.; VIDAURRE, G. B.; OLIVEIRA, J. C. L.; PICOLI, E. A. T.; ALMEIDA, M. N. F.; ROQUE, R. M.; TOMAZELLO FILHO, M.; SOUZA, H. J. P.; OLIVEIRA, T. R.; CAMPOE, O. C. **Changes in hydraulic architecture across a water availability gradient for two contrasting commercial *Eucalyptus* clones**. Forest Ecology and Management, v. 474, n. June, p. 118380, 2020.
- CARLQUIST, S. **Non-random vessel distribution in Woods: patterns, modes, diversity, correlations**. Aliso, v. 27, n. 1, p. 39–58, 2009.

CHRISTINA, M.; NOUVELLON, Y.; LACLAU, J.-P.; STAPE, J.L.; BOUILLET, J.-P.; LAMBAIS, G.R.; LE MAIRE, G. **Importance of deep water uptake in tropical eucalypt forest.** *Functional Ecology*, v. 31, p. 509-519, 2017.

CHOAT, B.; COBB, A. R.; JANSEN, S. **Structure and function of bordered pits: new discoveries and impacts on whole-plant hydraulic function.** *New Phytologist*, v. 177, p. 608–626, 2008.

CREGG, B. M.; DOUGHERTY, P. **Growth and wood quality of young loblolly pine trees in relation to stand density and climatic factors.** *Canadian Journal Forest Research*, v. 18, p. 851–858, 1988.

DREW, D. M.; PAMMENTER, N. W. **Vessel frequency, size and arrangement in two Eucalypt clones growing at sites differing in water availability.** *New Zealand Journal of Forestry*, v. 51, n. 3, p. 23–28, 2006.

ELLI, E. F.; HUTH, N.; SENTELHAS, P. C.; CARNEIRO, R. L.; ALVARES, C. A. **Global sensitivity-based modelling approach to identify suitable Eucalyptus traits for adaptation to climate variability and change.** In *Silico Plants*, v. 2, n. 1, p. 1–17, 2020.

ELLI, E. F. et al. **Assessing the growth gaps of Eucalyptus plantations in Brazil – magnitudes, causes and possible mitigation strategies.** *Forest Ecology and Management*, v. 451, 2019.

HARBUSCH, M. **The effect of climate variables on sapwood anatomy of Eucalyptus.** 2014.304 f. Tese (Doutorado) - University of Sydney, Faculty of Agriculture and Environment, Sydney, 2014.

IBA. 2020. **Indústria Brasileira de Árvores: RELATÓRIO 2020 - REPORT 2020.** Disponível em <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf>.

IBA. 2019. **Indústria Brasileira de Árvores: RELATÓRIO 2019 - REPORT 2019.** Disponível em: [iba-relatorioanual2019.pdf](#).

LENS, F. *et al.* **Herbaceous angiosperms are not more vulnerable to drought-induced embolism than angiosperm trees.** *Plant Physiology*, v. 172, p. 661–667, 2016.

LINCOLN, T. *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** Tradução: Alexandra Antunes Mastroberti. *et al.* 6. ed. Porto Alegre. Artmed, 2017.

PEVS. 2020. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, v. 35, p. 1-8. Rio de Janeiro, 2020.

PFAUTSCH, S. *et al.* **Vessel diameter and related hydraulic traits of 31 Eucalyptus species arrayed along a gradient of water availability.** *Ecology*, v. 97, n. 6, p. 1626, 2016.

QUEIROZ, T. B. **Amplitude de temperaturas ótimas para crescimento de clones de *Eucalyptus* no Brasil e Uruguai**. 2020. Tese (doutorado) Ciência Florestal. Universidade Estadual Paulista (UNESP). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2020.

RAWAL, D. S. *et al.* **Environmental effects on growth phenology of co-occurring *Eucalyptus* species**. International Journal of Biometeorology, v. 58, n. 4, p. 427–442, 2014.

RAYMOND, C. A. **Genetics of *Eucalyptus* wood properties**. Annals of Forest Science, v. 59, n. 5–6, p. 525–531, 2002. Disponível em: Relatório sobre a Lacuna de Emissões 2020. 9, December, 2020. Disponível em : <https://www.unep.org/resources/report/production-gap-2020>.

RAVEN; Ray F. Evert; Susan E. Eichhorn. **Biologia vegetal**. Tradução Ana Claudia Vieira *et al.* 8. ed, Rio de Janeiro. Guanabara Koogan, 2014.

SEARSON, M. J. *et al.* **Wood, density and anatomy of water-limited eucalypts**. Tree Physiology, v. 24, n. 11, p. 1295–1302, 2004.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS- SNIF. Boletins SNIF, 2 ed. 2016.

URZEDO, D.I. de; FRANCO, M.P.; PITOMBO, L.M.; CARMO, J.B.do. **Effects of organic and inorganic fertilizers on greenhouse gas (GHG) emissions in tropical forestry**. Forest Ecology and Management, Amsterdam, v. 310, p. 37-44, 2013.

ZOBEL, B.; JETT, J. **Genetics of wood production**. 1st ed. Berlin: Springer-Verlag, 1995.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS. Biblioteca Universitária. Manual de normalização e estrutura de trabalhos acadêmicos: TCCs, monografias, dissertações e teses. 3. ed. rev., atual. e ampl. Lavras, 2020. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/11017>. Acesso em: 20/10/2021.