

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
ÁREA DE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO



DISSERTAÇÃO

**DINÂMICA HÍDRICA VASCULAR DE DIFERENTES GENÓTIPOS DE
OLIVEIRA NA REGIÃO SUL DO BRASIL**

Vilson Luís Reveilleau Júnior

Pelotas, 2023.

Vilson Luís Reveilleau Júnior

**DINÂMICA HÍDRICA VASCULAR DE DIFERENTES GENÓTIPOS DE
OLIVEIRA NA REGIÃO SUL DO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências (Fruticultura de Clima Temperado).

Orientador: Prof. Dr. Flávio Gilberto Herter

Coorientador: Prof. Dr. Paulo Celso de Mello Farias

Coorientador: Prof. Dr. Valmor João Bianchi

Pelotas, 2023.

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

R449d Reveilleau Junior, Vilson Luis

Dinâmica hídrica vascular de diferentes genótipos de oliveira na região sul do Brasil / Vilson Luis Reveilleau Junior ; Flavio Gilberto Herter, orientador ; Paulo Celso de Mello Farias, Valmor João Bianchi, coorientadores. — Pelotas, 2023.

92 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2023.

1. *Olea europaea*. 2. Fluxo do xilema. 3. Elementos de vasos. 4. Densidade de vasos. 5. Cavitação e embolia. I. Herter, Flavio Gilberto, orient. II. Farias, Paulo Celso de Mello, coorient. III. Bianchi, Valmor João, coorient. IV. Título.

CDD : 634.6391

Vilson Luís Reveilleau Júnior

DINÂMICA HÍDRICA VASCULAR DE DIFERENTES GENÓTIPOS DE OLIVEIRA
NA REGIÃO SUL DO BRASIL

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 25 de agosto de 2023.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Flávio Gilberto Herter (Orientador)

Doutor em Biologia e Fisiologia Vegetal pela Universidade Blaise Plascal Clermont Ferrand

Prof. Dra. Doralice Lobato de Oliveira Fischer

Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Gilmar Arduino Bettio Marodin

Doutor em Fitotecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dra. Juliana Aparecida Fernando

Doutora em Biologia pela Universidade Estadual de Campinas

Prof. Dr. Luciano Carlos da Maia

Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Rogério Ricalde Torres

Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Santa Maria

“Sorte é o que acontece quando a preparação encontra a oportunidade”.

Sêneca.

Aos meus pais Wilson Luís e Ana Maria

OFEREÇO

À minha esposa, amiga e companheira Eva,

DEDICO

Agradecimentos

Aos meus pais que me apoiaram e incentivaram durante todo esse período do mestrado em Pelotas/RS.

À Universidade Federal de Pelotas, pela oportunidade de realizar o curso de Pós-Graduação em Agronomia com ênfase em Fruticultura de Clima Temperado.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo aporte, via bolsa de estudo.

Aos Departamento de Ecologia, Zoologia e Genética, onde o Prof. Edison Zefa, nos apoiou com seus equipamentos. Ao Departamento de Botânica, em especial à Prof. Juliana Fernando, que tanto nos orientou e nos deu suporte.

Ao INIA - Las Brujas, no Uruguai, ao David e Juan, pela amizade construída em meio ao trabalho. À Paula Conde-Innamorato, pela amizade, atenção e aporte. Ao Bruno e Maxi, pela recepção e a todos os funcionários que tive contato.

Agradeço à Mercedes Arias (UDELAR), por suas verdadeiras aulas no campo sobre oliveiras.

Aos amigos formados durante essa trajetória, Lindomar, Kátia, que assim como eu, enfrentaram muitos desafios na equipe do xilema. Ao Ígor, Lucas, Amanda e tantos outros que estiveram envolvidos nessa trajetória.

Ao meu coorientador Paulo Celso, pelas tardes de orientações misturadas com prazerosas conversas.

Ao meu mestre, orientador e “guru”, Flavinho, que depositou tanta fé em meu trabalho, apostando pesado, pois apenas nós tínhamos certeza que iria dar certo. Meu “muito obrigado”, pelas orientações técnicas, pessoais, espirituais e todos os momentos que passamos.

À Eva, por suportar comigo todas as condições pelas quais sempre andamos juntos até hoje, obrigado.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a conclusão desta dissertação.

Resumo

REVEILLEAU JÚNIOR, Vilson Luís. **Dinâmica hídrica vascular de diferentes genótipos de oliveira na Região Sul do Brasil**. 2023. 92f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2023.

A embolia nas angiospermas, mais especificamente na oliveira, torna-se um fator de limitação para atingir a produtividade e regularidade esperada em regiões que não atendem os aspectos edafoclimáticos de produção como naquelas do Sul do Brasil. Objetivou-se neste trabalho, através de dois capítulos, sendo no primeiro, determinar a dinâmica hídrica do xilema, por meio da análise histomorfométrica dos vasos do xilema e determinar a condutividade hidráulica teórica. No segundo capítulo, determinar a resposta da condutividade hidráulica nativa e máxima, e a perda de condutividade hidráulica. As avaliações foram realizadas em três variedades de oliveira, durante o ano de 2022, na região de Pelotas-RS. A partir dos resultados da análise histomorfométrica, concluiu-se que a anatomia dos vasos condutores do xilema na oliveira, revelou diferenças intraespecíficas em relação à área, diâmetro dos vasos, e condutividade hidráulica teórica. Os elementos de vasos com maior importância, relacionados à segurança e sobrevivência da oliveira são os de menores diâmetros, ou seja, entre 0 e 22 μm . Já os elementos de vasos entre 22 e 44 μm são responsáveis por mais de 50% do fluxo total. Em relação à densidade de madeira, não houve diferença entre as três variedades. A resposta da condutividade hídrica nativa, a máxima e a condutância hidráulica específica foi diferente no âmbito temporal, sazonal e intraespecífico.

Palavras-chave: *Olea europaea*. Fluxo do xilema. Elementos de vasos. Densidade de vasos. Cavitação e embolia.

Abstract

REVEILLEAU JÚNIOR, Vilson Luís. **Vascular hydraulic dynamics of different olive genotypes in the Southern Region of Brazil**. 2023. 92f. Dissertation (Master's degree) - Graduate Program in Agronomy. Federal University of Pelotas, Pelotas. 2023.

Embolism in angiosperms, specifically in olive trees, becomes a limiting factor in achieving the expected productivity and regularity in regions that do not meet the soil and climatic production aspects, as seen in the Southern region of Brazil. The objective of this study, consisting of two chapters, was, in the first chapter, to determine the hydraulic dynamics of xylem through histomorphometric analysis of xylem vessels and to determine theoretical hydraulic conductivity. In the second chapter, the aim was to determine the response of native hydraulic conductivity, maximum conductivity, and loss of hydraulic conductivity. The assessments were carried out on three olive tree varieties during the year 2022, in Pelotas region of Rio Grande do Sul, Brazil. Based on the results of histomorphometric analysis, it was concluded that the anatomy of xylem conducting vessels in olive trees revealed interspecific differences among varieties in terms of vessel area, diameter, and theoretical hydraulic conductivity. Vessel elements with the most significance for the safety and survival of olive trees are those with smaller diameters, ranging from 0 to 22 μm . Vessel elements between 22 and 44 μm are responsible for more than 50% of the total flow. In terms of wood density, there was no difference among the three varieties. The response of native hydraulic conductivity, maximum conductivity, and specific hydraulic conductance varied temporally, seasonally, and intraspecifically.

Keywords: *Olea europaea*. Xylem flow. Vessel elements. Vessel density. Cavitation and embolism.

Sumário

1 Introdução.....	11
2 Hipóteses	12
3 Objetivos.....	12
4 Revisão de literatura	14
4.1 Aspectos gerais da oliveira (<i>Olea europaea</i> L.)	14
4.1.1 Origem.....	14
4.1.2 Clima e solo.....	17
4.1.3 Descrições das cultivares	19
4.1.4 Importância socioeconômica.....	20
4.2 Aspectos científicos relacionados a fisiologia e hidráulica vegetal.....	21
4.2.1 Importância da água	21
4.2.2 Propriedades físicas/químicas da água.....	22
4.2.3 Arquitetura hidráulica	28
4.2.4 Propriedade qualitativas e quantitativas da arquitetura hidráulica.....	29
4.2.5 Embolia e vulnerabilidade.....	31
4.2.6 O déficit hídrico e o clima.....	33
5 Capítulo I - Caracterização da condução hidráulica teórica e diâmetro dos vasos do xilema de oliveira nas condições climáticas da Região de Pelotas-RS.	34
5.1 Introdução	34
5.2 Material e métodos.....	35
5.3 Resultados e discussão.....	40
5.4 Conclusões	50
6 Capítulo II - Análise da resposta da condutividade hidráulica nativa, máxima e percentual de perda da condutividade (PLC) da oliveira, variedades Arbequina, Coratina e Picual, em função das estações climáticas, na Região de Pelotas - RS.	51
6.1 Introdução	51
6.2 Material e métodos.....	53

6.3 Resultados e discussão.....	58
6.4 Conclusões	76
7 Considerações finais	77
REFERÊNCIAS	79

1 Introdução

Os recursos naturais estão disponíveis para serem usados pelo homem, desde que de forma sustentável. Com o passar do tempo, percebeu-se que eles seriam bens finitos. Com a consciência da possibilidade da escassez, como no caso da água, quando mal geridos, causam enormes problemas tanto para a vida das plantas, mas principalmente na do homem.

Assim, tem-se a necessidade de otimizar e maximizar os sistemas produtivos com a escolha de variedades com eficiências tanto adaptativa como produtiva. Tais escolhas são importantes para o êxito das cadeias produtivas, dependendo, fundamentalmente, dos resultados de pesquisas na área das ciências correlatas e, na gestão hídrica, onde o conhecimento do fluxo de seiva é primordial no sistema fisiológico vegetal, sejam em pequenas ou grandes plantas.

Um aspecto de suma importância, diz respeito à introdução de espécies vegetais em ambientes distintos de seus locais de origem. Um exemplo disso é observado na oliveira, adaptada às regiões de verões quentes e secos, que foi introduzida no Sul do Brasil, com características climáticas diferentes do seu local de origem. Esse processo de adaptação resultou na sua relevância como uma atividade importante na cadeia agrícola brasileira.

No Brasil, a produção estende-se desde a região Sudeste até o Sul, em que as características climáticas variam consideravelmente. Nessas áreas, a prática da olivicultura faz-se presente. No caso específico do Rio Grande do Sul, algumas regiões possuem particularidades que incluem a ocorrência de déficit hídrico prolongado durante os meses de verão. Em decorrência disso, o emprego de sistemas de irrigação torna-se uma alternativa estratégica para assegurar o fornecimento de água em períodos de estiagens prolongadas.

A partir de dados obtidos no Pró-Oliva (2023), junto a produtores, a área de cultivo de oliveiras no Rio Grande do Sul atingiu cerca de 6.200 hectares, até 2022. Destes, estima-se que somente 35% estão com quatro anos de idade, o que representa o período produtivo. Para fins de comparação, na Espanha, por exemplo onde a oliveira está bem adaptada, a área de produção abrange 2,6 milhões de hectares (FAO, 2019).

A oliveira tem sido caracterizada por ser uma espécie bienal com relação à produção, o que contribui para a redução da produtividade. Diante disso, surge o questionamento sobre a extensão em que o déficit hídrico influencia na alternância de

produção. Além disso, é importante determinar as características anatômicas dos vasos condutores de seiva podem ser responsáveis tal questão.

2 Hipóteses

Assumem-se as seguintes hipóteses para o presente trabalho:

A oliveira possui características anatômicas do xilema que comprometem positiva ou negativamente a condutividade hidráulica do xilema.

A oliveira, sendo originária da região Mediterrânea, apresenta vulnerabilidade ao estresse hídrico, provocando cavitação e em consequência o embolismo.

Existem diferenças da resposta hídrica entre as variedades de oliveira.

Baixa produtividade e irregularidade produtiva devem-se às alterações no fluxo de seiva causadas pela cavitação e embolia dos vasos.

3 Objetivos

Objetivo geral: Determinar as respostas da dinâmica hídrica xilemática de três variedades de oliveira nas condições edafoclimáticas da Região de Pelotas-RS.

Objetivos específicos:

- determinar a condutividade hidráulica do xilema;
- determinar a densidade da madeira;
- determinar o diâmetro dos vasos do xilema;
- determinar o número de vasos do xilema, por mm²;
- determinar a distribuição dos vasos do xilema em relação ao seu diâmetro;
- determinar a área total de ocupação dos vasos do xilema por secção;
- estabelecer as relações entre os parâmetros físicos e temporais por meio da análise de componentes principais.

O presente trabalho é composto por dois capítulos cujos experimentos foram realizados para atender os problemas descritos na introdução. A pesquisa foi conduzida, durante o ano de 2022, a campo, na Fazenda da Palma e nos laboratórios de Fruticultura

da Faculdade Eliseu Maciel - FAEM, na Universidade Federal de Pelotas - UFPel, no município de Capão do Leão/RS.

4 Revisão de literatura

Neste capítulo serão abordados tópicos que fundamentam este trabalho, a partir do embasamento teórico disponível na literatura científica. Desta forma, a primeira parte trata sobre particularidades da cultura e a segunda, os aspectos científicos relacionados à fisiologia e hidráulica vegetal.

4.1 Aspectos gerais da oliveira (*Olea europaea* L.)

A oliveira (*Olea europaea* L.) é uma planta cultivada em diversas regiões do mundo, sendo também uma das frutíferas mais antigas utilizadas e domesticadas pelo homem.

4.1.1 Origem

As oliveiras pertencem à família *Oleaceae*, do gênero *Olea*, que engloba cerca de 35 espécies, sendo a *Olea europaea* L. a única com frutos comestíveis (COUTINHO; RIBEIRO; CAPPELLARO, 2009). Distribuída entre as regiões tropicais e temperadas, existem 15 espécies nesse gênero, e a maioria são árvores ou arbustos (COUTINHO *et al.*, 2015). A *Olea europaea* L. é cultivada em áreas situadas entre as latitudes de 30° a 45°, em ambos os hemisférios, onde o clima assemelha-se ao Mediterrâneo (clima - tipo Mediterrâneo). Nesse ambiente, o verão é caracteristicamente quente e seco, enquanto o período de floração é marcado por temperaturas mais baixas, combinação climática essencial para garantir boas produções de azeitonas (COUTINHO; JORGE, 2013).

A sua classificação botânica completa enquadra-se como: Subdivisão - Magnoliophytina (Angiospermae); Classe - *Magnoliopsida* (Dicotyledoneae); Subclasse - *Lamiidae*; Ordem - *Oleales*; Família - *Oleaceae*; Subfamília - *Oleoideae*; Tribo - *Oleae*; Gênero - *Olea*; Espécie - *Olea europaea* L. (RODRIGUES; CORREIA, 2009). É uma planta de alta robustez e plasticidade, o que permite seu desenvolvimento em ambientes com grande variabilidade ambiental e climática (BOUKHARI, 2014).

A origem clássica das oliveiras remonta à região Mediterrânea, entrelaçando-se com histórias mitológicas e crenças religiosas que têm mais de 5000 anos. Além disso, as oliveiras desempenharam um papel fundamental na evolução de diversas sociedades. Existem evidências arqueológicas no conjunto de ilhas de Cíclades e outras regiões da

Grécia que revelaram restos fossilizados de oliveiras com uma idade estimada entre 50.000 e 60.000 anos, o que prova sua notável relevância histórica e aponta para sua possível origem (OLIVE TREE ROUTE, 2015).

Van Zeist e Bottema (2009) realizaram escavações de sedimentos no Vale do Hula, norte de Israel, e encontraram evidências de ocupação Acheuliana datadas de 700.000 - 800.000 anos a.C. Em suas análises, identificaram uma variedade de materiais de origem vegetal, incluindo pólen e madeira de *Olea europaea*, variedade Oleaster. Essa descoberta ressalta a importância histórica da oliveira para a humanidade, sugerindo que ela pode ter sido utilizada muito antes dos registros conhecidos atualmente.

Embora seja uma cultura antiga, a oliveira só chegou ao continente americano por volta do século XVI, durante o período inicial das colonizações. Sua introdução ocorreu pelo Norte, abrangendo países como México, Estados Unidos e Peru. A partir dessas regiões, a disseminação das oliveiras expandiu-se para o Sul, alcançando países como Chile, Argentina e Uruguai.

A partir de 1596, as primeiras mudas de oliveira foram introduzidas no Brasil por imigrantes europeus, que as trouxeram com o objetivo de implantá-las em regiões com um grau populacional relevante, especialmente no Sul e Sudeste do país (GOMES, 1979).

Os olivais, em sua maior parte, eram tradicionalmente implantados nos arredores de igrejas, devido à sua relação com as comemorações do "Domingo de Ramos" (COUTINHO; RIBEIRO; CAPPELLARO, 2009). Alguns pequenos olivais foram estabelecidos nessa mesma época, por agricultores entusiastas. No entanto, esses olivais foram posteriormente ordenados a serem cortados pela coroa portuguesa, que não permitia a concorrência de seus produtos no Brasil. Esse fato acabou por restringir o desenvolvimento da cultura da oliveira no país por um longo período (COUTINHO; RIBEIRO; CAPPELLARO, 2009).

No Rio Grande do Sul, a cultura da oliveira só foi oficialmente introduzida em 1948, ou seja, 352 anos após os eventos mencionados, por meio da criação de um órgão especializado em serviço oleícola da Secretaria da Agricultura (COUTINHO; RIBEIRO; CAPPELLARO, 2009). Esse atraso pode ser considerado culturalmente imposto em território brasileiro, uma vez que a independência do Brasil ocorreu somente em 1822.

A oliveira, possui um crescimento lento e uma impressionante longevidade. As plantas cultivadas geralmente têm um tamanho médio, variando de 4 a 8 metros de altura, mas à medida que envelhecem, podem atingir mais de 15 metros de altura, com troncos que apresentam diâmetros superiores a 1,5 metros (RODRIGUES; CORREIA, 2009).

O desenvolvimento das plantas ocorre em dois estágios distintos: o juvenil, caracterizado pela maior capacidade de enraizamento, mas sem produção de frutos; e a fase adulta, na qual há a produção de frutos, ou seja, a capacidade de reprodução (RAPOPORT, 2004; BARRANCO NAVERO; FERNÁNDEZ ESCOBAR; RALLO ROMERO, 2017).

A formação do sistema radicular da árvore depende tanto do material de origem da planta quanto das características do solo onde ela é cultivada. Quando a árvore desenvolve-se a partir de sementes, a raiz assume o padrão pivotante central; no entanto, se ela é gerada a partir de estacas, o sistema radicular será do tipo fasciculado (LOUSSERT; BROUSSE, 1990). Durante o desenvolvimento e crescimento da oliveira, a grande maioria das raízes adventícias assume o papel de raízes principais (RAPOPORT, 2004).

A propagação vegetativa através da estaquia é a abordagem mais viável para preservar as características genéticas, garantindo um sistema radicular com três a quatro raízes robustas, o que promove um estabelecimento mais eficaz das plantas (FACHINELLO *et al.*, 1995; GUERRERO, 2003). Quanto à profundidade de exploração, o sistema radicular atinge cerca de 60 cm.

O tronco da oliveira é tipicamente robusto e apresenta ondulações, com uma casca de cor cinza e/ou verde acinzentada. Além disso, pode ser distinguido em duas partes: a inferior, mais espessa e ao nível do solo, e a parte superior, que se ramifica em galhos logo acima do tronco (RODRIGUES; CORREIA, 2009). Com o envelhecimento das plantas, o tronco desenvolve cavidades, não afetando produtividade e crescimento, mas inviabilizando o uso de vibradores na colheita devido à fragilidade. Comparadas a sistemas irrigados, essas plantas têm madeira mais macia e casca fina.

Os ramos primários são constituintes para formação da estrutura principal, já as ramificações secundárias desenvolvem-se sobre as primárias, constituindo a copa que contém os ramos com flores e frutos.

Em anos de alta produção, as reservas são direcionadas para o desenvolvimento dos frutos e crescimento vegetativo, resultando em menor crescimento dos ramos do ano seguinte e comprometendo a produção (RIBEIRO, 2016).

As folhas são persistentes, podendo durar até três anos, variando em forma e dimensão, com comprimentos de 3 a 8 cm e larguras de 1 a 2,5 cm. Elas possuem alta capacidade de minimizar a interceptação de luz e facilitar as trocas gasosas, além de

apresentarem regulação estomáca eficiente para controlar o potencial hídrico foliar (RODRIGUES; CORREIA, 2009).

O florescimento ocorre entre a primavera e o verão, apresentando inflorescências do tipo panícula com aproximadamente 10 a 40 flores, que se desenvolvem nas axilas foliares, nos nós do crescimento vegetativo do ano anterior à floração (RODRIGUES; CORREIA, 2009). Existem dois tipos de inflorescências: hermafroditas ou bissexuais, com pistilo e estames bem desenvolvidos; e também estaminíferas ou masculinas, com ovário rudimentar ou ausente, incapazes de formar frutos (RODRIGUES; CORREIA, 2009).

As flores são pequenas, com simetria regular, tetrâmeras, dois estames, ovário súpero, um curto estilete e um estigma bilobulado (RODRIGUES; CORREIA, 2009). A polinização é preferencialmente anemófila e autógama (GROMPONE; VILLAMIL, 2013).

O fruto é do tipo drupa, com formato elipsoidal a globoso, possui apenas uma semente e é composto por três tecidos principais: endocarpo, mesocarpo e exocarpo, rico em lipídeos (BACELAR *et al.*, 2009; CRUZ; OLIVEIRA; CHALFUN, 2012 BARRANCO NAVERO; FERNÁNDEZ ESCOBAR; RALLO ROMERO, 2017).

Os frutos, após processados, originam produtos como azeite e conserva, os quais são muito valorizados e apreciados (COUTINHO, E. F.; JORGE, 2007; COUTINHO *et al.*, 2015).

As sementes desses frutos são normalmente utilizadas para melhoramento genético devido à variabilidade genética e produção de porta-enxerto, este aconselháveis, principalmente pela resistência ao estresse hídrico (COUTINHO; RIBEIRO; CAPPELLARO, 2009).

4.1.2 Clima e solo

O cultivo de oliveiras requer um clima com características do tipo Mediterrâneo, com temperaturas amenas de inverno (10-15°C) e tempo quente e seco no verão (NAVARRO; PARRA, 2008). Durante a frutificação, as temperaturas ideais devem variar entre 25 e 35°C (COUTINHO; RIBEIRO; CAPPELLARO, 2009). No entanto, apesar da exigência da vernalização para acúmulo de frio e superação da dormência, é importante evitar temperaturas próximas de 0°C, pois podem danificar os brotos, flores e frutos maduros (CONNOR; FERERES, 2005). Temperaturas inferiores a -5°C podem

causar danos profundos, enquanto temperaturas abaixo de -10°C podem resultar em danos irreversíveis e até levar à morte da planta (COUTINHO; RIBEIRO; CAPPELLARO, 2009).

A oliveira, durante o desenvolvimento vegetativo, possui o balanço entre fotossíntese e transpiração bem equilibrados, com abertura estomática máxima nas primeiras horas da manhã quando o déficit de pressão de vapor é mínimo (ORGAZ; FEDERES, 2008). Entretanto, o seu cultivo requer uma lâmina de precipitação média anual entre 650 e 800 mm, bem distribuída. Se houver excesso de chuvas durante a floração, pode ocorrer a lavagem do pólen do estigma, o que afeta a formação dos frutos e também pode deixá-los excessivamente aguados durante o período de maturação (COUTINHO; RIBEIRO; CAPPELLARO, 2009).

No verão, a alta umidade do ar pode resultar em ataques de patógenos se o período for prolongado. Esse excesso de umidade pode afetar negativamente tanto a quantidade quanto a qualidade do óleo produzido. No período de colheita, dificulta e encarece a extração do azeite, além de reduzir a estabilidade do óleo (COUTINHO; RIBEIRO; CAPPELLARO, 2009) A produtividade é impactada negativamente quando as oliveiras são implantadas e conduzidas em áreas marginais, ou seja, em zonas com limitações de solo e água, que são menos adequadas para o seu cultivo (TAPIA *et al.*, 2003).

Solos com baixa densidade favorecem o melhor desenvolvimento das raízes e a percolação eficiente da água em profundidade, sendo características comuns de solos francos e, por outro lado, solos argilosos (>40%) dificultam a permeabilidade e, conseqüentemente, a aeração (GROMPONE; VILLAMIL, 2013). Entretanto, com a textura mais argilosa ou mais fina, aumenta a retenção de água e o tempo de reserva hídrica nos períodos de verões secos (NAVARRO; PARRA, 2008), existindo, neste caso, a necessidade do plantio em camalhões, para auxiliarem na drenagem do solo.

A oliveira é uma planta muito sensível à asfixia radicular, onde solos saturados podem levar à morte da planta, especialmente na época do crescimento em um período de duas a três semanas (GROMPONE; VILLAMIL, 2013). Durante o inverno, quando a planta está em dormência, esse período pode se estender de um a dois meses (TAPIA *et al.*, 2003)

Em relação às propriedades químicas do solo, o pH em água é o fator mais relevante para o cultivo da oliveira. O pH ideal deve estar próximo de 6,5, evitando-se solos alcalinos (>7,5), que dificultam a absorção de micronutrientes, e solos ácidos (<5,5),

que disponibilizam alumínio trivalente (Al^{3+}), sendo tóxico para a oliveira (BRUNETTO *et al.*, 2020).

4.1.3 Descrições das cultivares

A diversificação das variedades das oliveiras é uma prática comum em todos os países onde o cultivo desse fruto é realizado, especialmente nos países Mediterrâneo com tradição. Nesses locais, são comuns encontrar variedades antigas sendo cultivadas nas regiões onde foram originalmente selecionadas. As principais características levadas em conta para escolha são a precocidade de produção, conteúdo de lipídeos, produtividade e as propriedades químicas do azeite (RALLO, 2011).

A escolha das variedades é fundamental para alcançar o sucesso produtivo, e leva-se em consideração se a preferência é pela produção de azeite ou de azeitonas. Existem também opções de variedades com duplo propósito, que combinam a produção de ambas na mesma planta (COUTINHO; RIBEIRO; CAPPELLARO, 2009).

A variedade Arbequina é originária da Espanha, da região de Lérida, onde foi inicialmente cultivada. Apresenta copa de densidade mediana e aberta, inflorescência longa (35-38mm), com 25 flores por racemo, fruto com baixo peso, simétrico com conteúdo de azeite alto (16-18%) (EMBRAPA, 2012). Essa variedade é a mais produzida e vendida em todo o mundo devido às suas características altamente adaptáveis aos diferentes sistemas de cultivo, e recentemente, começou a ser cultivada no Brasil (BORGES *et al.*, 2017). Possui boa resistência ao frio, embora seja suscetível à clorose férrica em solos alcalinos, ela é autocompatível e é valorizada pela sua rápida entrada em produção, alta produtividade, bom rendimento de azeite e excelente qualidade do produto (COUTINHO; RIBEIRO; CAPPELLARO, 2009). No entanto, deve-se considerar que possui baixa estabilidade e, além disso, o vigor da planta é reduzido, o que permite um maior adensamento do cultivo (COUTINHO; RIBEIRO; CAPPELLARO, 2009).

A ‘Coratina’ é uma variedade de origem italiana que tem o início de produção precoce; alta produtividade, apesar da característica de alternância produtiva na cultura; os frutos são alongados, variando em tamanho e com maturação tardia; é uma variedade de duplo propósito; possui vigor médio, com ramos que cobrem seus frutos em toda a sua extensão (GROMPONE; VILLAMIL, 2013). O rendimento de lipídeos é alto, destacando-se o sabor frutado, amargo, picante, com aroma intenso, relacionado ao alto teor de polifenóis; parcialmente autoestéril e beneficia-se da polinização cruzada; é uma

variedade pouco rústica, tem sensibilidade a doenças como à tuberculose e ao repilo; muito resistente a baixas temperaturas (GROMPONE; VILLAMIL, 2013).

A variedade Picual tem origem na Espanha, e se caracteriza por possuir um vigor médio de copa espessa e aberta; inflorescência média (25-35mm) com poucas flores por racemo (<16 flores); fruto médio (2-4g) com forma ovoide e assimétrico; endocarpo com peso elevado (>50mg); com floração que ocorre em meados de setembro e outubro; maturação de março a início de abril, no Rio Grande do Sul (EMBRAPA, 2016). É uma variedade com sensibilidade fúngica ao repilo e emplumado, com altas precipitações (>150mm) na primavera/verão e intenso desfolhamento (EMBRAPA, 2016). Possui produção de azeite elevada (>16%); alto índice de estabilidade no armazenamento; elevado percentual de ácido oléico (80%) e linoléico (70%); azeite de oliva extravirgem 100% monovarietal com sabor doce e suave, picante e agradável (EMBRAPA, 2016).

4.1.4 Importância socioeconômica

A expansão da cultura da oliveira no Brasil, especialmente no Rio Grande do Sul, fortalece a diversificação da cadeia produtiva agrícola do Estado, garantindo uma variedade de processos que, por consequência, geram empregos, renda e uma eficiente utilização do território.

O Brasil ocupa uma posição relevante entre os maiores importadores de azeite e azeitonas do mundo, ficando em segundo lugar de acordo com o Comitê Olivícola Internacional – COI (2021), com dados de 2019/2020. Portugal é o país com o maior volume exportado para o Brasil (COI, 2021).

O Rio Grande do Sul, com um território que abrange mais de 10 milhões de hectares, equivalente a 42,8% de sua área recomendável, possui condições climáticas adequadas para o cultivo da oliveira. Além disso, aproximadamente 8 milhões de hectares (32,2%) apresentam uma classe tolerável com possibilidade de uso através de processos tecnológicos (ALBA; FLORES; WREGGE, 2013; WREGGE *et al.*, 2009).

No mundo, a área plantada é de 10.578.246 hectares (FAO, 2019). No estado do Rio Grande do Sul, em 2023, a área plantada estava próxima de 6.200 hectares, com cerca de 69% das oliveiras já com 4 anos de idade, ou seja, em idade potencialmente produtiva. Existem 22 indústrias de processamento de azeite e 340 produtores distribuídos em 110 municípios no ano de 2023 (PRO-OLIVA, 2023).

4.2 Aspectos científicos relacionados à fisiologia e hidráulica vegetal

4.2.1 Importância da água

A importância de se estudar as relações hídricas em plantas deve-se à diversidade de funções fisiológicas e ecológicas que a água exerce, entre os recursos que a planta necessita para o seu crescimento e desenvolvimento, a água é o mais abundante e, também, o mais limitante (PEIXOTO, 2020). Assim, tanto a distribuição da vegetação na superfície terrestre quanto a produtividade agrícola são predominantemente reguladas pela disponibilidade de água (KERBAUY, 2008).

Com o decorrer do tempo, surgiram questionamentos sobre as limitações desse recurso, indagando se seria um bem finito. Com a conscientização acerca da possibilidade de escassez, especialmente em relação à água, é essencial adotar estratégias para mitigar essa eventualidade. Isso inclui a utilização cuidadosa e eficiente dos recursos, bem como a implementação de culturas com elevada eficiência hídrica.

A água está relacionada aos aspectos da estrutura e funções das células, as quais são adaptadas às propriedades físicas e químicas, e, conseqüentemente, base para a vida (CARMONA *et al.*, 2016). A fotossíntese é uma das primeiras atividades a ser afetada, principalmente pela troca gasosa e perda de água do conteúdo intracelular para a atmosfera (TAIZ *et al.*, 2017).

A falta de água é um fator que limita a produtividade de forma geral, uma vez que afeta negativamente processos vitais como a fotossíntese, respiração, processos relacionados e a distribuição de carboidratos (SPERLICH *et al.*, 2016; MARTINS *et al.*, 2018). Em uma abordagem simples, a disponibilidade da água é tão importante quanto, senão mais importante do que outros fatores ambientais, quando se trata da distribuição de vegetação na superfície terrestre, o que reforça a relevância e a essencialidade de seu uso pelas plantas.

O conteúdo celular corresponde a valores superiores a 90% na maioria dos tecidos vegetais das plantas herbáceas e esse valor supera os 95% em folhosas, estruturas de desenvolvimento, crescimento e frutificação (PIMENTEL, 2004). Esses valores podem permanecer elevados sob condições adequadas. No entanto, o desequilíbrio devido à disponibilidade hídrica pode levar a alterações críticas no conteúdo hídrico celular, com valores abaixo da média, em torno de 75%, resultando em modificações estruturais e, em casos extremos, na morte da célula (TEARE; PEET, 1983).

4.2.2 Propriedades físicas/químicas da água

Dentro dos ecossistemas terrestres, a água assume um papel de vital importância, destacando-se pelas suas distintas características em contraste com outras moléculas, graças ao seu estado físico-químico. O papel que a água desempenha na produção das culturas e os processos de ações interativas envolvidos no crescimento vegetal, não permitem sua quantificação facilmente, assim, o conhecimento de algumas de suas propriedades pode facilitar tal compreensão (PEIXOTO, 2020).

As moléculas de água estão associadas a uma estrutura mais ou menos organizada, dependendo de seu estado (PIMENTEL, 2004) e estruturam-se por meio de ligações covalentes entre um átomo de oxigênio e dois átomos de hidrogênio, resultando numa molécula polar com geometria tetraédrica (TAIZ *et al.*, 2017). Essa polaridade cria dois polos de carga positiva e outros dois de carga negativa, os quais, devido às suas polaridades opostas, exercem atração sobre outras moléculas de água, gerando as chamadas pontes de hidrogênio (TAIZ *et al.*, 2017).

Considerando o seu peso molecular, a água teoricamente deveria prevalecer na forma gasosa em temperatura ambiente, com um ponto de congelamento inferior a -100°C (PIMENTEL, 2004). No entanto, contrariando tal teoria, a água existe em estado líquido à temperatura ambiente e apresenta um ponto de congelamento de 0°C (PIMENTEL, 2004). Na forma de gelo, têm-se a uma estrutura tridimensional cristalina bem organizada, composta provavelmente por oito moléculas de água, enquanto que no estado líquido está em maior desordem, e esta desorganização é máxima na fase de vapor (PIMENTEL, 2004; TYREE, 1997).

A ruptura dessas ligações só é possível quando a água é submetida a temperaturas elevadas, gerando o aumento da entropia e conseqüente quebra das pontes de hidrogênio. Uma vez que é necessária uma quantidade significativa de energia para quebrar essas pontes de hidrogênio, a água oceânica tem a capacidade de absorver o calor da atmosfera, desempenhando um papel fundamental na regulação da temperatura ambiente e tornando a vida suportável (NOBEL, 1999).

As moléculas de água exibem propriedades físico/químicas distintas, que desempenham um papel fundamental para diversos processos essenciais na química, na biologia e no funcionamento geral dos ecossistemas do nosso planeta. Essas propriedades versáteis da água são resultado de sua estrutura molecular única e interações

intermoleculares, permitindo-a ser uma substância indispensável para a vida (PIMENTEL, 2004).

O calor específico, pode ser definido como a quantidade de calor necessária para aumentar a temperatura de uma substância. A água possui, depois da amônia, o mais alto calor específico ($0,0754 \text{ kJ mol}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, a 25°C) (NOBEL, 1999). Durante esse processo, ocorre a vibração das moléculas, onde as pontes de hidrogênio desempenham o papel de "amortecedores" energéticos, fornecendo menos energia para o movimento (TAIZ *et al.*, 2017). Isso resulta na estabilização das variações de energia e temperatura nas plantas, uma vez que a água requer uma quantidade significativa de calor para que sua temperatura seja alterada (PIMENTEL, 2004).

Por outro lado, o calor latente de vaporização pode ser descrito como a quantidade de energia necessária para extrair a água de um produto durante a dessorção (RODRIGUEZ-ARIAS; HALL; BAKKER-ARKEMA, 1963), ou a energia liberada pelo produto durante a adsorção de água (WANG; BRENNAN, 1991).

A água muda para o estado gasoso a 100°C , ponto de ebulição sob pressão atmosférica, absorvendo $540 \text{ calorias g}^{-1}$, isso é conhecido como calor latente de vaporização e resulta na separação das moléculas de água, a vaporização pode ocorrer abaixo de 100°C , porém com maior absorção de calor, como a 25°C , onde o calor latente é de $580 \text{ calorias g}^{-1}$ (processo de transpiração do vapor d'água) (PEIXOTO, 2020). O seu calor de vaporização é de $2,26 \text{ MJ kg}^{-1}$, a 100°C , ou $40,7 \text{ kJ mol}^{-1}$, o que, por unidade de massa, é o maior valor de calor de vaporização de qualquer líquido conhecido (NOBEL, 1999).

O calor latente não muda a temperatura das moléculas de água durante a evaporação, porém, resfria a superfície de onde a água se evapora, assim, o elevado calor latente de vaporização da água controla a temperatura das folhas que transpiram, evitando um aumento decorrente da energia solar recebida (TAIZ *et al.*, 2017).

A tensão superficial é responsável pela criação de pequenas gotas de água sobre as folhas após chuvas ou orvalho, enquanto também impede a penetração da água nos espaços intercelulares das folhas através dos estômatos abertos (PEIXOTO, 2020). É a medida da resistência à deformação na interface líquido/gás, e é influenciada pela orientação das moléculas de água e suas ligações de hidrogênio internas. Este fato resulta em alta tensão superficial da água, excepcionalmente superada apenas pelo mercúrio, a tensão diminui com o aumento da temperatura e aumenta com a presença de eletrólitos, enquanto solventes orgânicos a reduzem, como detergentes (PEIXOTO, 2020).

A tensão superficial da água é de $0,0728 \text{ N m}^{-1}$ a 20°C , que é um valor relativamente superior ao de outros líquidos (NOBEL, 1999).

Existem outras propriedades relacionadas a pontes de hidrogênio, uma delas é a coesão, que consiste na atração mútua entre moléculas de uma mesma espécie e a adesão que é a atração da água com superfícies sólidas (PIMENTEL, 2004; TAIZ *et al.*, 2017). A combinação entre estas duas propriedades (adesão, coesão), são responsáveis pelo fenômeno da capilaridade (a capacidade de ascensão contra a força da gravidade num tubo estreito). Por um lado, devido à forte adesão às paredes do tubo, até que haja o equilíbrio com o peso de uma coluna de água e, também por outro, à grande tensão superficial causada pela união entre as moléculas de água. (AZEVEDO NETTO *et al.*, 1998; SANTOS; ALEXANDRE; COELHO, 2017; TAIZ *et al.*, 2017).

A tensão superficial é a resistência à deformação de uma interface líquido/gás. Ela é responsável pela criação das pequenas gotas de água sobre as folhas após as chuvas ou o orvalho, atuando como uma barreira protetora, impedindo que a água penetre nos espaços microscópicos entre as células das folhas por meio dos estômatos abertos (PEIXOTO, 2020). Na água, as moléculas organizam-se com pontes de hidrogênio voltadas para o interior (forças coesivas internas), criando alta tensão superficial (dina.cm^{-2}), superada apenas pelo mercúrio (PEIXOTO, 2020). A 20°C , a água exibe uma tensão superficial de $0,0728 \text{ N.m}^{-1}$, um valor significativamente maior do que o observado em outros líquidos (NOBEL, 1999).

Com a combinação destas propriedades chega-se ao ponto de aplicação, no que se refere ao uso prático de água na planta. A força propulsora da seiva bruta é a tensão (pressão hidrostática negativa) gerada pela transpiração (DIXON; JOLY, 1895; PICKARD, 1981). Entenda-se por pressão hidrostática negativa o movimento ascendente para a copa da planta, mensurada em megapascal (MPa). Isso permite que a transpiração puxe a água em direção às folhas através de uma rede de condutos (DIXON; JOLY, 1895). Este processo, requer que a água nos condutos do xilema exista sob pressões negativas, tipicamente de -1 e -2 MPa, e às vezes tão baixas quanto -10 MPa (TYREE; SPERRY, 1989).

O xilema formado por elementos de vasos e traqueídeos, com paredes lignificadas organizadas em feixes, que suportam variações de pressão pela inexistência da membrana celular, que constituem em uma via de transporte que se estende da raiz as folhas, impulsionada por variações na pressão hidrostática (SANTOS; ALEXANDRE; COELHO, 2017).

A taxa de transporte de nutrientes no xilema é influenciada pela taxa de fluxo de seiva na transpiração e pela concentração de nutrientes na seiva do xilema, que pode variar independentemente (HOUSHMANDFAR; FITZGERALD; TAUSZ, 2015).

Além disso, a difusão é o deslocamento direcionado de moléculas em resposta a um gradiente de concentração, energia livre, pressão de difusão e potencial químico, ocorrendo sempre do maior para o menor potencial. Esse processo, essencial para a planta, é responsável por atividades vitais como transpiração, trocas gasosas e translocação (TAIZ *et al.*, 2017; PEIXOTO, 2020). Enquanto que, a osmose é a passagem da água através de membrana seletiva e permeável, sendo que, esse processo de movimentação da água é induzido pela concentração dos solutos no meio, seja intracelular ou extracelular, indiferente da existência ou não de forças que a façam agir (TAIZ *et al.*, 2017). A difusão obteve relevância a partir da década de 1850, evidenciando que as movimentações das substâncias são diretamente proporcionais ao gradiente de concentração (FICK, 1855).

Quando a difusão ocorre através de uma membrana semipermeável, que é mais permeável a um dos componentes de uma solução, geralmente o solvente, ela é referida como osmose, assim, as interações entre células, delimitadas por membranas semipermeáveis, frequentemente exemplificam os processos de osmose (PEIXOTO, 2020).

Nas células vivas com membrana, os fluxos ocorrem por osmose para alcançar equilíbrio dos potenciais hídricos, principalmente por esse processo, a água flui entre células próximas, devido a variações no potencial hídrico, o que também ocorre nos fluxos entre o ambiente e as células da superfície da planta, como na absorção de água pelas raízes e na transpiração pelas folhas (SANTOS; ALEXANDRE; COELHO, 2017).

Ao dividir os volumes encontrados em dois lados dentro de um organismo celular, ou seja, entre dois meios, separados por membrana seletiva, tem-se um valor de energia definido em joules por m^{-3} ou $j.mol^{-1}$ que, por definição, é convertido em pressão equivalente a MPa, unidade de medida usada no sistema internacional (SI) (TYREE, 1997). Essa energia livre (joules), chamada de potencial químico da água, também é definida como potencial hídrico (Ψ_w).

4.2.2.1 Potencial hídrico (Ψ_w)

O equilíbrio entre a transpiração das folhas para a atmosfera e a absorção de água pelas raízes influencia o estado hídrico das partes da planta, enquanto mudanças nesse estado afetam a fotossíntese, respiração e crescimento. Portanto, o potencial de água, uma medida da energia hídrica na planta, é uma forma fundamental e prática de descrever o status de água nas plantas (PEIXOTO, 2020).

A água se desloca de áreas com maior potencial para áreas com menor potencial. A absorção de água pela planta ocorre quando o potencial hídrico no solo supera o potencial hídrico na planta. O mesmo acontece quando a água se move da raiz para as folhas (maior potencial na raiz do que nas folhas) e quando a água é liberada das folhas para a atmosfera pela transpiração (maior potencial nas folhas do que no ar atmosférico) (SANTOS; ALEXANDRE; COELHO, 2017).

Normalmente, a avaliação do Ψ_w nas plantas é conduzida nas folhas, embora certos métodos permitam medições em outros órgãos. A flutuação do Ψ_w ao longo do dia ou das estações é tipicamente avaliada antes do amanhecer e ao meio-dia solar. Em torno do meio-dia solar (nem sempre alinhado com a hora oficial), as folhas exibem valores de Ψ_w mais baixos (valores negativos), devido à intensa transpiração (SANTOS; ALEXANDRE; COELHO, 2017).

Geralmente, para determinar o potencial hídrico, recorre-se ao uso do método de psicrômetros. Esse método utiliza o calor latente para obter informações sobre o fluxo de água. Além disso, a câmara de pressão é empregada, permitindo a aplicação de pressão externa a uma folha cortada. Isso possibilita identificar a liberação de água e estimar o valor do potencial (TAIZ *et al.*, 2017). Os principais componentes do potencial hídrico em um sistema vegetal são: gravitacional (Ψ_g); osmótico ou de soluto (Ψ_s); de pressão hidrostática (Ψ_p) e; matricial (Ψ_m).

O potencial hídrico gravitacional (Ψ_g), considera a altitude relativa da parte da planta em análise, mas em geral, para árvores de tamanho considerável, tem pouca relevância em termos práticos (SANTOS; ALEXANDRE; COELHO, 2017). Representa a energia potencial gravitacional por unidade de volume molal da água pura em uma posição vertical a uma altura z a partir do ponto de referência z_0 .

O componente gravitacional (Ψ_g) é negligenciado em distâncias verticais curtas, por representar apenas 0,1 MPa a cada 10 metros de altura, tornando-o desprezível para efeitos de cálculo em alturas inferiores a 5 metros (ALVIM, 2021).

Entretanto, quando se estuda o transporte de água em células vegetais, a equação 1 do potencial hídrico pode ser simplificada para:

$$\Psi_w = \Psi_g + \Psi_s + \Psi_p \quad (1)$$

O potencial mátrico (Ψ_m) ou matricial refere-se à força com a qual a água é mantida pelas partículas e está primariamente ligado às cargas elétricas presentes (PEIXOTO, 2020). O Ψ_m é geralmente desconsiderado, exceto em tecidos meristemáticos (com citoplasmas densos) e em sementes, além de outros tecidos desidratados (com macromoléculas e espaços intermicelares). Em células diferenciadas, o Ψ_w é composto principalmente pelos potenciais osmótico e de pressão. Valores do Ψ_w e seus componentes variam conforme o ambiente, Amazônia, Mata Atlântica, Cerrado, Caatinga, Pampa e Pantanal, e o tipo de planta, xerófitas, mesófitas e hidrófitas, com alterações nas contribuições dos componentes para o potencial hídrico total.

4.2.2.2 Potencial osmótico (Ψ_s)

O impacto dos solutos quando estão dissolvidos no potencial hídrico é referido como potencial de soluto ou osmótico (Ψ_s). Quando diluídos, os solutos reduzem a energia devido a um efeito relacionado à entropia, como uma manifestação da Segunda Lei da Termodinâmica, juntamente com o potencial osmótico (TAIZ *et al.*, 2017). O termo osmótico pode ser estimado pela equação 2 (equação de Van 't Hoff).

$$\Psi_s = -RTc_\sigma \quad (2)$$

Onde: R = a constante dos gases ($8,32 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$), T = a temperatura absoluta do sistema (em graus Kelvin, ou K); c = a concentração de soluto na solução, expressa em osmolalidade ($[\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}]$). À medida que a dissolução de solutos aumenta, ocorre diminuição no potencial hídrico, e conseqüentemente o ajuste osmótico (TAIZ *et al.*, 2017).

4.2.2.3 Potencial de pressão (Ψ_p)

O potencial de pressão (Ψ_p) reflete a alteração da energia livre da água devido às mudanças na pressão hidrostática intracelular, assim, o valor do potencial de pressão corresponde à pressão celular em relação à pressão atmosférica (SANTOS; ALEXANDRE; COELHO, 2017), equação 3.

$$\Psi_p = P \quad (3)$$

Onde: P é a pressão em megapascal (MPa). Células vegetais possuem parede celular rígida que mantém a solução celular sob pressões acima da atmosférica, porém, esse valor pode ser zero (células murchas) ou elevados, como 3,5 MPa em plantas resistentes à seca (TAIZ *et al.*, 2017).

4.2.3 Arquitetura hidráulica

O tema sobre a mensuração dos valores que refletem a dinâmica da vascularização do xilema e fisiologia vegetal, requer compreensão dos fundamentos básicos dos vasos condutores e sua relação com o fluxo e dinâmica de ação do transporte. Assim, o conceito “arquitetura hidráulica” foi introduzido por Zimmerman, um renomado pesquisador, por volta de 1977/1978 (CRUIZIAT; COCHARD; AMÉGLIO, 2002).

A ideia representou um impacto profundo ao lançar informações para a compreensão detalhada das redes complexas dos vasos, canais e ou tubos, que permitem o transporte eficiente de água, nutrientes e outros compostos essenciais para as plantas (CRUIZIAT; COCHARD; AMÉGLIO, 2002).

Posteriormente, diversas tentativas de definição foram empreendidas para aprofundar o entendimento do termo, que ainda não estava claramente elucidado. Em 1989, Tyree e Sperry elaboraram uma definição da arquitetura hidráulica, a qual se refere à conexão entre a condutância hidráulica do xilema em diversas seções de uma árvore e a proporção de folhas que deve ser sustentada. Por outro lado, Tyree e Ewers (1991) conceituaram a expressão como sendo a própria estrutura do sistema condutor de água.

Por prevalência, uma das definições comumente adotada para arquitetura hidráulica é "O conjunto de características hidráulicas do tecido condutor de uma planta

que qualifica e quantifica o fluxo de seiva das raízes às folhas" (CRUIZIAT; COCHARD; AMÉGLIO, 2002).

O conceito de arquitetura hidráulica reconhece que as plantas precisam otimizar a absorção, condução e distribuição de água para atender às demandas de crescimento e sobrevivência. Assim, as organizações internas das estruturas condutoras de água desempenham um papel crucial na resistência ao fluxo de água (TYREE; DAVIS; COCHARD, 1994), na coesão da coluna de água no xilema e na capacidade de evitar danos devido a fatores como cavitação e embolia.

O conceito da arquitetura hidráulica, é melhor entendido através da analogia entre o sistema hidráulico tradicional a circuitos elétricos interconectados (CRUIZIAT; COCHARD; AMÉGLIO, 2002). O mesmo modelo pode ser baseado na teoria de Dixon e Joyle (1895), modelo análogo à lei de Ohm (GRADMANN, 1928; VAN DEN HONERT, 1948) que aborda o movimento da água, como uma corrente elétrica fluindo por um condutor (ZHUANG; YU; NAKAYAMA, 2014).

4.2.4 Propriedades qualitativas e quantitativas da arquitetura hidráulica

Partindo dos conceitos fundamentais descritos por Cruiziat, Cochard e Améglio (2002), é possível caracterizar duas propriedades da arquitetura hidráulica: as qualitativas e quantitativas.

As propriedades qualitativas da arquitetura hidráulica referem-se às características fundamentais dos sistemas de transporte de água nas plantas, que podem ser observadas e analisadas sem a necessidade de medições quantitativas precisas. Dentro destas propriedades, encontram-se a integração, a compartimentação e a redundância.

A integração no sistema vascular de uma árvore, ocorre através de uma rede única, em que a raiz é conectada com os ramos, ou seja, a ligação entre todas as partes da planta (CRUIZIAT; COCHARD; AMÉGLIO, 2002).

Através de injeção de líquido com corante, conseguiu-se resultados interessantes, os quais permitiram identificar esta propriedade (ROACH, 1939). Atualmente, a técnica de coloração é usada para mostrar os caminhos da seiva, assim como as alterações que os tratamentos culturais interferem sobre a planta (CLAVERIE *et al.*, 2023).

A compartimentação é a propriedade em que os sistemas de condução são construídos com centenas de milhares ou milhões de elementos condutores muito pequenos, como traqueídeos e vasos (CRUIZIAT; COCHARD; AMÉGLIO, 2002).

A redundância apresenta dois aspectos: no primeiro, quando um ramo é cortado, observa-se que os vasos são interligados em paralelo. Entretanto, se ocorrer bloqueio ou interrupção em um caminho, o fluxo se desviará para outras vias (MACKAY; WEATHERLEY, 1973). O segundo aspecto envolve um vaso ou conduto que se conecta lateralmente a outro, criando uma alternativa de percurso, resultando em redundância no fluxo (TYREE; DAVIS; COCHARD, 1994).

As propriedades quantitativas da arquitetura hidráulica referem-se às medidas e valores numéricos associados aos aspectos estruturais e funcionais dos sistemas de transporte de água nas plantas. Tais propriedades fornecem informações precisas sobre a eficiência, capacidade e resistência do sistema hidráulico das plantas. Algumas das propriedades quantitativas importantes da arquitetura hidráulica incluem: a condutância e a condutividade.

A condutância hidráulica se refere à facilidade com que a água pode fluir através dos tecidos condutores das plantas. É influenciada pelo diâmetro dos vasos, a densidade de vasos e a viscosidade da água. É obtida pela taxa de fluxo de água ($\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$), em uma solução salina, dividido pela pressão que induz o fluxo, levando em consideração que todas as partes da planta tem resultados semelhantes (EWERS; CRUIZIAT, 1991). A condutância é inversamente proporcional à resistência do fluxo ($\text{Condutância}=1/\text{Resistência}$).

A condutividade hidráulica ($\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$), usualmente é a forma de medida, sendo a relação entre o fluxo de água, através de um segmento de ramo extirpado, e o gradiente de pressão que causa o movimento (CRUIZIAT; COCHARD; AMÉGLIO, 2002).

O fluxo da água é suscetível a influências importantes, como a viscosidade do fluido, que, por sua vez, pode carregar consigo concentrações de sais, açúcares ou outras substâncias capazes de modificar o ambiente e suas respostas. Para alcançar isso, nos experimentos, é utilizada água ultrapura, uma vez que a concentração de solutos na seiva do xilema é considerada insignificante em relação à viscosidade. Também é importante atentar às variações de temperatura, já que essas podem provocar mudanças na viscosidade dos fluidos (AMEGLIO *et al.*, 1990).

Os diâmetros dos vasos condutores devem ser levados em consideração, uma vez que, a mínima alteração exerce influência significativa sobre o fluxo e, por conseguinte, sobre a condutividade hidráulica (TYREE; ZIMMERMANN, 2002). Na equação da lei de Hagen-Poiseuille (Equação 4), observa-se que o fluxo, ou seja, a condutividade

hidráulica, aumenta exponencialmente devido ao fato de que o diâmetro dos vasos (μm), quando ampliado, é elevado à quarta potência (TYREE; ZIMMERMANN, 2002). Para exemplificar, vasos do xilema com diâmetros de 40, 80 e 160 μm , apresentam fluxo distinto, na proporção de 1, 16 e 256, correspondendo, respectivamente, a 0,4%, 5,9% e 93,8% do volume total de água (CRUIZIAT; COCHARD; AMÉGLIO, 2002; TYREE; ZIMMERMANN, 2002).

$$K_h = \left(\frac{\pi\rho}{128\eta}\right) \sum_{i=1}^n D_i^4 \quad (04)$$

Onde: K_h é a condutividade hidráulica ($\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$); ρ é a densidade da água; η é o coeficiente de viscosidade da água; d é o diâmetro.

Em relação às folhas da planta, a condutividade específica ($\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$), pode ser calculada dividindo a taxa de fluxo de água, medida através do caule pela diferença de pressão e a superfície total da folha (CRUIZIAT; COCHARD; AMÉGLIO, 2002).

4.2.5 Embolia e vulnerabilidade

A cavitação é um fenômeno no qual bolhas de ar ou gases são formados dentro dos vasos condutores da planta, interrompendo o fluxo contínuo de água (ENNAJEH *et al.*, 2011). A cavitação compromete a capacidade de condução da água, prejudicando a eficiência hidráulica e impactando o crescimento e desenvolvimento da planta (TYREE; ZIMMERMANN, 2002).

Nas plantas, a ocorrência da cavitação decorre das altas tensões na seiva do xilema (COCHARD, 1995). Devido à acentuada diferença de pressão hidrostática negativa, que se torna extremamente alta, ocorre a ruptura da coluna de água, resultando em uma mudança abrupta no estado da água, que leva à cavitação (CRUIZIAT; COCHARD; AMÉGLIO, 2002). Quando a água é puxada pelo conduto cavitado, o vapor se expande e se dispersa no espaço vazio, resultando em um estado de embolia, ou seja, o bloqueio do conduto com ar (TYREE; SPERRY, 1989; LEWIS; HARNDEN; TYREE, 1994; CRUIZIAT; COCHARD; AMÉGLIO, 2002).

Durante períodos de déficit hídrico, breves ou prolongados, as tensões aumentam, representando um fator crítico que pode resultar em cavitação e, conseqüentemente, na embolia dos vasos xilemáticos (CRUIZIAT; COCHARD; AMÉGLIO, 2002). No entanto, a seca não é a única causa da cavitação, embora seja o fator mais significativo durante o verão. Para a avaliação desse fenômeno podem ser utilizados os métodos de detecção acústica (TYREE; DIXON, 1983; RITMAN; MILBURN, 1988) ou mensuração hidráulica (SPERRY; DONNELLY; TYREE, 1988), dentre outros métodos.

Para estimar o grau de susceptibilidade à cavitação, é determinada uma curva de vulnerabilidade. Esse procedimento pode ser feito através dos métodos, como a injeção de ar (CRUIZIAT; COCHARD; AMÉGLIO, 2002) e ou desidratação de bancada (CHOAT *et al.*, 2015).

Os valores de condutividade hidráulica medidos, correlacionados com a pressão, são usados para verificar o status do potencial hídrico, denominada como percentual de perda de condutividade (PLC) (SPERRY; DONNELLY; TYREE, 1988; COCHARD; CRUIZIAT; TYREE, 1992). A obtenção da curva de vulnerabilidade desempenha um papel crucial na gestão hídrica, permitindo definir os limites de tolerância e resistência de um gênero ou espécies de plantas. O parâmetro frequentemente empregado é o PLC-50 ou P50, que representa o ponto onde a condutividade hidráulica do xilema é reduzida em 50% de sua capacidade.

Durante o verão, quando as condições apresentam baixa umidade do solo e temperaturas elevadas, ocorre uma redução no potencial hídrico das folhas devido à transpiração. Nesse cenário, a cavitação do xilema pode ocorrer por meio do fenômeno de "semeadura de ar" (*air seeding*), no qual o ar penetra nas paredes dos vasos através das pontoações (CROMBIE; HIPKINS; MILBURN, 1985; SPERRY; TYREE, 1988). Esse fenômeno cria um menisco que rompe a tensão superficial da água, permitindo a entrada de ar.

Porém no inverno, o problema da cavitação surge em eventos caracterizados por ciclos de congelamento e degelo, os quais reduzem a condutividade hidráulica (SPERRY; SULLIVAN, 1992). Além disso, a embolia que ocorre no inverno pode gerar complicações para o crescimento e a sobrevivência das plantas (TYREE; COCHARD, 1996).

4.2.6 O déficit hídrico e o clima

Quando a quantidade de água absorvida é inferior à quantidade perdida por transpiração, ocorre o déficit hídrico (BERGAMASCHI; BERGONCI, 2017). O estresse surge quando a resistência, tanto das raízes quanto do solo, aumenta, devido à redução do potencial de água no solo. Em decorrência desses fatos, o crescimento caracterizado como um processo irreversível é impactado (TAIZ *et al.*, 2017), isso significa que a água é a força motriz do crescimento (HOPKINS, 1995).

A água penetra na célula por osmose até atingir o estado de equilíbrio osmótico, resultando na turgidez. Caso a quantidade de água seja reduzida, o potencial osmótico diminui, levando a célula a liberar água para o ambiente e, por conseguinte, perdendo sua turgidez (PIMENTEL, 2004). A quantificação é feita através do uso da tensiometria, determinando, assim, o potencial de água presente no solo (REISSER JÚNIOR, 2002).

Para avaliar o grau de estresse, é fundamental determinar o potencial de água, seja no solo ou na planta. O potencial hídrico na folha, medido ao meio-dia, constitui-se numa ferramenta valiosa na gestão do estresse hídrico, dado que representa um indicador preciso do estado de hidratação da planta (FERREYRA; SELLÉS, 1997).

Os impactos são perceptíveis em todas as atividades fisiológicas da planta, abarcando a eficiência das folhas na absorção de dióxido de carbono e a capacidade das raízes em captar nutrientes (BERGAMASCHI; BERGONCI, 2017). A primeira reação ao déficit hídrico, engloba a diminuição da fotossíntese e do crescimento, devido ao aumento da resistência estomática e da taxa de respiração, assim como modificações na morfologia (BERGAMASCHI; BERGONCI, 2017).

Os processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem na interação solo-planta-atmosfera estão diretamente relacionados à radiação solar (LIU; SCOTT, 2001). Além disso, ela influencia nas temperaturas, molda os padrões de circulação atmosférica e viabiliza a realização de estudos associados à análise do crescimento vegetal até a demanda por água (DE SOUZA; DA SILVA; CEBALLOS, 2008; BORGES *et al.*, 2010), bem como fenômenos como a cavitação e embolia.

A embolia surge como consequência dos processos de transpiração. No entanto, é crucial compreender as variáveis do ciclo hidrológico, como radiação solar, temperatura, precipitação, velocidade do vento e umidade relativa, assim, quando esses elementos se combinam, a complexidade do processo de evapotranspiração aumenta, tornando sua compreensão desafiadora (VILLA NOVA, 1987).

5 CAPÍTULO I - CARACTERIZAÇÃO DA CONDUÇÃO HIDRÁULICA TEÓRICA E DIÂMETRO DOS VASOS DO XILEMA DE OLIVEIRA NAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DA REGIÃO DE PELOTAS-RS.

5.1 Introdução

As demandas atmosféricas, desempenhadas pelo déficit de pressão de vapor, resultam na redução dos valores do potencial hídrico do xilema. À medida que esse potencial diminui, a tensão no xilema aumenta, dando início ao processo da cavitação e, por consequência, à embolia (TYREE; SPERRY, 1989).

Uma estratégia biológica sob tais condições é diminuir a condutância hidráulica por meio do fechamento estomático. Entretanto, a falha hidráulica que impede os vasos de conduzirem, devido à sua embolização, também contribui para a diminuição da condutância hidráulica. A redução do diâmetro dos vasos é um mecanismo que diminui a ocorrência da cavitação e representa uma estratégia de adaptação às condições de déficit hídrico (TORRES-RUIZ *et al.*, 2011).

Considerando a hipótese de que uma produtividade elevada está possivelmente relacionada a uma eficiência hidráulica mais alta, é plausível supor que, se houver um equilíbrio entre segurança e eficiência, plantas com alta produtividade dão prioridade à eficiência hidráulica em detrimento da segurança, visando manter um crescimento mais rápido (TYREE, 2003).

A eficiência do transporte de água pelo xilema, ou seja, sua condutividade, bem como a sensibilidade à cavitação, revelam uma considerável diversidade entre as várias espécies, frequentemente exibindo correlações com os ambientes climáticos e ecológicos que habitam (CHOAT *et al.*, 2012; BRODRIBB *et al.*, 2014).

As características apresentadas, são adaptações ligadas à capacidade de resistência à cavitação ou ao fluxo de água. Assim, objetivou-se comparar, simultaneamente, as características anatômicas dos vasos condutores do xilema e sua relação com a condutividade hidráulica teórica de Hagen-Poiseuille em oliveiras, nas condições ambientais da região de Pelotas/RS.

5.2 Material e métodos

As caracterizações histomorfológicas foram determinadas a partir de materiais oriundos de plantas de oliveiras das variedades Arbequina, Coratina e Picual, localizadas no pomar do Centro Agropecuário da Palma, no município de Capão do Leão, no Rio Grande do Sul, coordenadas 31°48'09.92'' S; 52°30'48,27''O, altitude de 70 metros e declividade de $\cong 4\%$, delimitada na Figura 1, via software Google Earth Pro.



Figura 1: Área experimental, delimitada em cor amarela, no qual, o experimento foi realizado dentro das dependências do Centro Agropecuário da Palma, no município de Capão do Leão/RS, de domínio da Universidade Federal de Pelotas - UFPel. Fonte: Google Earth, 2023.

Ramos foram coletados mensalmente, ao acaso, de janeiro a dezembro, no ano de 2022. A escolha da posição da coleta não obedeceu à orientação solar, devido à pequena área da copa e a boa insolação das plantas.

As amostras de ramos foram cortadas nos tamanhos de 30 mm de comprimento e 4 mm de diâmetro, fixadas em formol ácido acético (FAA), nas proporções 0,5:0,5:9,0 de ácido acético glacial, formaldeído (30%) e álcool etílico (70%), respectivamente. Posteriormente, as amostras dos ramos de oliveira, foram seccionadas transversalmente, através de corte manual, usando lâminas de aço inox. Para cada variedade, 5 seções transversais foram selecionadas. O preparo de lâminas seguiu a metodologia de Kraus e Arduin (1997), onde os materiais passaram pelas seguintes etapas: a) clarificação em

hipoclorito de sódio (2%); b) lavagem em água destilada (3x - 1 min); c) contato com ácido acético (5%); d) lavagem em água destilada (1x - 1 min); e) coloração com corante azul de astra e safranina (9:1 - 8 seg.); f) lavagem em água destilada (1x - 1 min); g) montagem na lâmina; h) selagem com esmalte. Após concluídas as etapas, as imagens com microscópio óptico foram obtidas com câmera digital AxioCam ERc 5s, na objetiva de 20x, através do software Axion Vision© (versão 4.8). As medições anatômicas foram feitas por análise de imagem usando o software ImageJ (RASBAND, 1997-2023), aleatoriamente, dentro da região do xilema secundário, com área de 300 x 300 μm (0,09 mm^2). Foram mensurados: a) diâmetro dos vasos (μm); b) contagem de número de vasos por área (mm^2); c) distribuição dos vasos em relação ao seu diâmetro; d) tamanho máximo, médio e mínimo dos vasos; e) área total de vasos ocupada na imagem (μm^2).

As Figuras 2, 3 e 4 ilustram algumas etapas do procedimento citado.

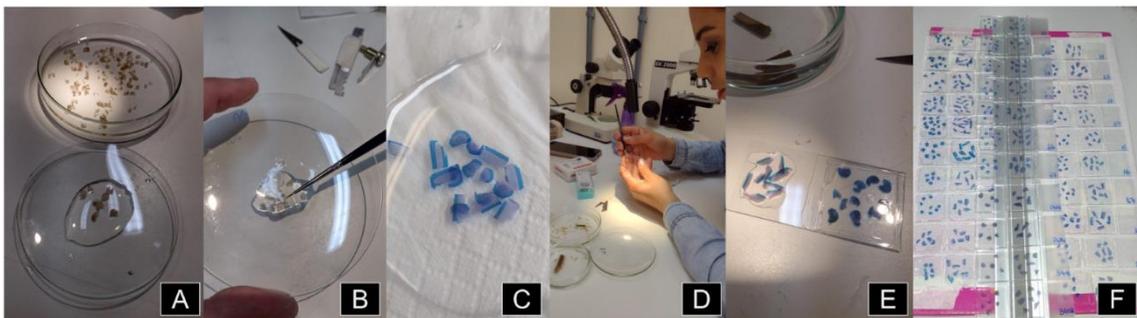


Figura 2: Etapas de preparação das lâminas para análise histomorfológicas. A: seções cortadas manualmente; B: processo de clarificação com hipoclorito de sódio; C: seções transversais e longitudinais, após aplicação de corantes; D: preparação das seções selecionadas para a lâmina histológica; E: lâmina histológica com lamínula e vedante; F: lâminas prontas para obtenção de imagens no microscópio.

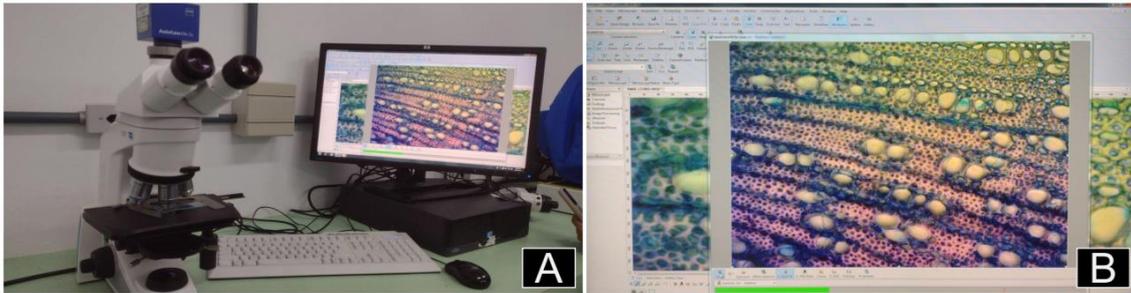


Figura 3: Sistema de aquisição de imagens. A: microscópio AXION e sistema de captura de imagens: câmera digital AxioCam ERc 5s; B: tela do software Axion Vision®, versão 4.8.

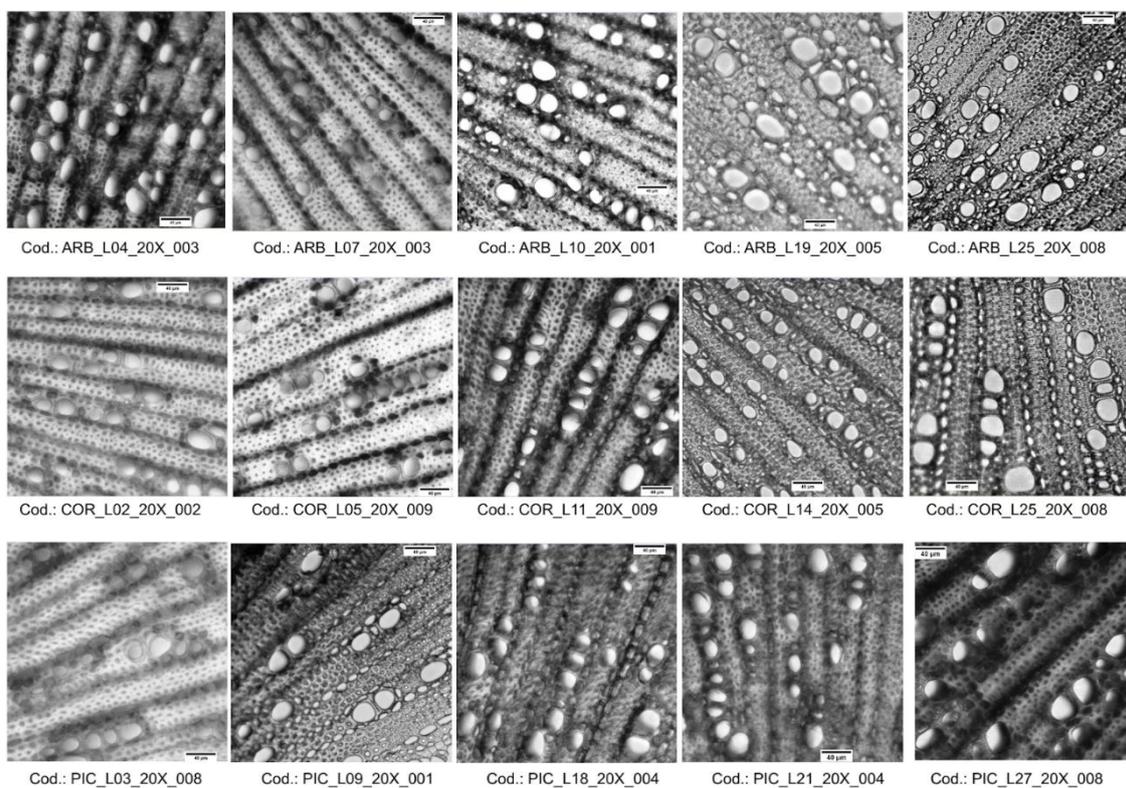


Figura 4: Imagens capturadas para análise histomorfométrica no tamanho de 300x300 µm. Legenda na parte inferior da imagem, correspondente à identificação da imagem, onde: Cod: código; ARB: variedade Arbequina; COR: variedade Coratina; PIC: variedade Picual; L00: Número da lâmina avaliada; 20X: lente objetiva utilizada para captura da imagem; 000: número sequencial da foto. Escala correspondente a 40 µm.

O diâmetro dos vasos condutores foi determinado a partir dos resultados obtidos da mensuração da área através do software ImageJ e cálculo aritmético conforme a equação 5:

$$D = \sqrt{\frac{4.A}{\pi}} \quad (5)$$

Onde:

D - diâmetro do vaso do xilema (μm);

A - área do vaso do xilema (μm^2);

π - pi.

Para a densidade da madeira utilizou-se a metodologia adaptada de Awad *et al.* (2010). Cinco segmentos de cada variedade, com 30 mm de comprimento, foram selecionados aleatoriamente dos ramos coletados, mensalmente, a campo, de janeiro a dezembro de 2022. As cascas dos segmentos foram retiradas, permanecendo apenas o lenho. Após, determinado peso fresco, com auxílio de balança analítica e o volume com pipeta graduada. A massa seca foi determinada após passar em estufa a 65°C , durante 48 horas. Ao final, determinou-se a densidade da madeira, descrita na equação 6 a seguir:

$$d = \frac{M_s}{V_f} \quad (6)$$

Onde:

d - densidade da madeira ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$);

M_s - massa seca (g);

V_f - volume da massa fresca (cm^3).

A proporção de massa seca foi determinada, com os resultados dos mesmos segmentos, através da equação 7:

$$w = \frac{M_s \cdot 100}{M_f} \quad (7)$$

Onde:

W - teor da massa seca (%);

M_f - massa fresca (g);

M_s - massa seca (g).

A condutância hidráulica teórica, foi calculada segundo Scholz *et al.* (2013), usando a equação 8:

$$Kh = \frac{\pi \cdot D^4}{128 \cdot \eta} \quad (8)$$

Onde:

kh - condutividade hidráulica teórica (mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹);

D - diâmetro do vaso (µm);

η - viscosidade da água (1,002x10⁻⁹ MPa a 20°C).

π - pi.

O índice de vulnerabilidade foi calculado segundo Carlquist (1977), usando a equação 9:

$$iv = \frac{D}{Dv} \quad (9)$$

Onde:

iv - índice de vulnerabilidade;

D - diâmetro do vasos do xilema (µm);

Dv - densidade dos vasos do xilema (n.mm²).

A análise estatística dos dados foi através da análise de variância com realização do teste F e teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5.3 Resultados e discussão

A Tabela 1 apresenta a análise de variância – ANOVA em que foram observadas diferenças significativas entre as variedades ($p < 0,001$), segundo as avaliações referentes a área de vasos (μm^2), diâmetro dos vasos (μm) e condutividade hidráulica teórica ($\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$).

Tabela 1: Resumo da análise de variância das características anatômicas e da condutância hidráulica teórica (Método de Hagen-Poiseuille) do xilema.

	GI	Quadrado medio	valor F	valor p
Área (μm^2)	2	5,86E+08	9.36	<.0001
Diâmetro (μm)	2	2,23E+09	18.63	<.0001
Kht ($\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$)	2	1,67E-16	6.31	0.0019

A Tabela 2, é apresenta os resultados referentes às médias da área de vasos (μm^2), diâmetro dos vasos (μm) e condutividade hidráulica teórica ($\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$) com diferenciação dos valores segundo Tukey a 5%.

Tabela 2: Análise das médias das características anatômicas e da condutância hidráulica teórica (Método de Hagen-Poiseuille) do xilema.

	Área (μm^2)	Diâmetro (μm)	Kht ($\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$)
Arbequina	116,10 b	10,66 c	1,45E-07 b
Coratina	120,85 b	11,33 b	1,25E-06 b
Picual	147,87 a	12,38 a	2,15E-06 a
CV (%)	121,15	49,12	322,14

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação a área média dos vasos, foi encontrada diferença estatística entre as variedades testadas, sendo a ‘Picual’ a que apresentou a maior área média dos vasos, com $147,87\mu\text{m}^2$, comparado a ‘Coratina’ com $120,85\mu\text{m}^2$ e ‘Arbequina’ com $116,10\mu\text{m}^2$, que são iguais estatisticamente, com nível de 5% de significância.

Ainda na mesma Tabela 2, em relação aos diâmetros de vasos, a variedade Picual apresentou maior diâmetro médio com 12,38 μm , enquanto a ‘Coratina’ com 11,33 μm e a ‘Arbequina’ 10,66 μm .

Quanto à condutividade hidráulica teórica (Kht), também foi encontrada diferença estatística das médias. A variedade Picual apresentou valores superiores em relação às demais, com 2,15E-06 $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$. A ‘Arbequina’ registrou 1,45E-07 $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, e a ‘Coratina’, 1,25E-06 $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, iguais estatisticamente.

Como é observado na Tabela 02, o coeficiente de variação foi considerado alto, segundo Pimentel-Gomes (AGRICULTURA, 2015). Entretanto a variabilidade natural e biológica dos dados, segundo Garcia (1989), é aceitável, tornando importante a interpretação da amplitude das variáveis avaliadas.

Na Tabela 3, verifica-se a caracterização anatômica quantitativa dos vasos, fornecendo dados de tamanho mínimo, médio e máximo, a distribuição de frequência dos vasos em uma área quadrada específica e o índice de vulnerabilidade.

Tabela 3: Características anatômicas quantitativas dos elementos de vasos dos ramos [(valor mínimo) – média - (valor máximo) +/- desvio padrão] e índice de vulnerabilidade (iv) de *Olea europaea*.

Cultivar	Vasos do xilema		
	Diâmetro (μm)	Frequência (n.mm^2)	iv
Arbequina	(3)-11-(38) \pm 5,85	(1444)-1867-(2256) \pm 319,34	0,006
Coratina	(3)-11-(37) \pm 5,05	(1600)-1776-(1878) \pm 107,27	0,006
Picual	(4)-12-(43) \pm 5,90	(1489)-1618-(1989) \pm 212,07	0,008
Media	(3)-11-(40) \pm 5,60	(1511)-1753-(2041) \pm 212,89	0,007

Em relação aos diâmetro médio dos vasos, na Tabela 2 foi encontrada diferença estatística, ao nível de 5% de significância entre as três variedades. A variedade Picual apresentou os maiores valores de diâmetro com 43 μm para o diâmetro máximo, 12 μm para o médio e 4 μm para o mínimo. Seguida, da ‘Coratina’ com 37 μm para o diâmetro máximo, 11 μm para o médio e 3 μm para o mínimo. E ‘Arbequina’, com 38 μm para o diâmetro máximo, 11 μm para o médio e 3 μm para o mínimo.

A frequência da distribuição dos vasos, apresentou para ‘Arbequina’ um valor mínimo de 1444 vasos. mm^{-2} , um médio de 1867 vasos. mm^{-2} e um máximo de 2256 vasos. mm^{-2} . Já na ‘Coratina’, o valor mínimo foi de 1600 vasos. mm^{-2} , médio de 1776

vasos.mm⁻² e máximo de 1878 vasos.mm⁻². Na variedade Picual o valor mínimo foi de 1489 vasos.mm², médio de 1618 vasos.mm⁻² e máximo de 1989 vasos.mm⁻². Quanto ao índice de vulnerabilidade (iv) os valores para ‘Arbequina’ e ‘Coratina’ foram de 0,006 e 0,008 para ‘Picual’.

A densidade da madeira e a massa seca foram comparadas mensalmente ao longo do período de janeiro a dezembro, utilizando análise de variância (ANOVA), e não apresentaram diferenças significativas conforme a Tabela 4.

Tabela 4: Resumo da análise de variância da massa seca (%) e densidade de madeira (g/cm³) comparadas em três variedades de oliveira. Valores sem diferença significativos a 5% de erro. CV: coeficiente de variação (%).

	Gl	Quadrado medio	valor F	valor p	CV (%)
Massa seca	2	2,391	0,200	0,819	6,715
Densidade de madeira	2	0,030	2,480	0,086	17,299

Aplicação da condutividade hidráulica teórica pela lei de Hagen-Poiseuille e as características morfológicas do xilema

Em uma análise simplificada, os resultados obtidos, apresentados nas Figuras 5, 6 e 7, permitiram identificar a existência da variação nos vasos condutores nas três variedades. A Lei de Hagen-Poiseuille, indica que qualquer alteração no diâmetro destes elementos, por menor que seja, altera a condutividade hidráulica, exponencialmente (D^4), a qual foi identificada neste experimento. Essa observação levanta questionamentos pertinentes aos fluxos do xilema em situações de restrição hídrica e a possível ocorrência de colapso nos vasos, no caso da embolia.

Os elementos de vasos são os principais componentes estruturais, das angiospermas para o transporte de água (COURBET *et al.*, 2022). A disposição e os tamanhos são fatores essenciais para suportar as respostas hídricas das culturas, além da possibilidade de falha ou colapso hidráulico. A escassez de água pode ser o fator primordial e restritivo que impacta o crescimento, o progresso e a viabilidade das plantas (CHOAT *et al.*, 2018), resultando, conseqüentemente, na falha hidráulica.

O índice de vulnerabilidade (iv) foi de 0,006 para ‘Arbequina’ e ‘Coratina’ e, 0,008 para ‘Picual’, como pode ser observado na Tabela 3. O valor do índice de vulnerabilidade é calculado a partir do diâmetro de vasos dividido pela densidade dos mesmos, fornecendo uma indicação aproximada da resistência da planta à cavitação

causada pelo estresse hídrico ou geada, segundo Carlquist (1977). O índice empregado segue os parâmetros até 1,0 para plantas xeromórficas e 3,0 para mesomórficas (SCHOLZ *et al.*, 2013), incluindo, a oliveira no grupo das plantas xeromórficas.

Em relação à frequência de vasos, foi obtido um valor médio de 1753 vasos.mm⁻² entre as variedades, como pode ser observado na Tabela 3. Este valor difere substancialmente dos resultados citados na literatura. Por exemplo, Torres-Ruiz *et al.* (2013), na Espanha, citam valores inferiores a 700 vasos.mm² na variedade Manzanilla de Sevilla com quarenta e um anos de idade. Resultados discrepantes também foram observados por Bacelar (2007), em Portugal, que encontrou valores de 833 vasos.mm⁻² para a variedade Cobrançosa, 824 vasos.mm⁻² para a ‘Madural’ e 728 vasos.mm⁻² para ‘Verdeal Transmontana’ em plantas de um ano de idade. Além disso, os resultados diferem de Dichio *et al.* (2013), que relataram uma faixa de 240 a 364 vasos.mm⁻² em plantas de ‘Coratina’ com dois anos de idade na Itália.

As variações entre as densidades podem estar relacionadas à idade de desenvolvimento e às condições do ambiente como solo, precipitação, temperatura e outras, em que as plantas estão expostas. No contexto do ambiente de cultivo no Rio Grande do Sul, menciona-se a variedade Coratina. Esta, em climas mediterrâneos, apresenta vigor controlado, enquanto no RS, possui vigor vegetativo elevado, conforme relatado por produtores. Esse fato pode estar atrelado ao alto número de vasos e consequente vigor vegetativo, conferido pelas condições anteriormente citadas. Alterações no sistema vascular podem ocorrer (SANTAROSA *et al.*, 2016) e por consequência modificar o vigor e a produção (KELLER; MILLS; HARBERTSON, 2012).

Diante desta exposição, a mesma resposta de vigor elevado deveria ser aplicada às demais variedades que apresentaram densidades de vasos semelhantes. No entanto, mesmo havendo diferenças significativas em suas médias numéricas, isso não ocorre.

Por outro lado, a distribuição da frequência dos vasos, conforme ilustrado na Figura 5, demonstra que a maioria dos vasos se encontram na faixa de 4 a 12µm na ‘Arbequina’, de 6 a 14µm na ‘Coratina’ e 6 a 16µm na ‘Picual’.

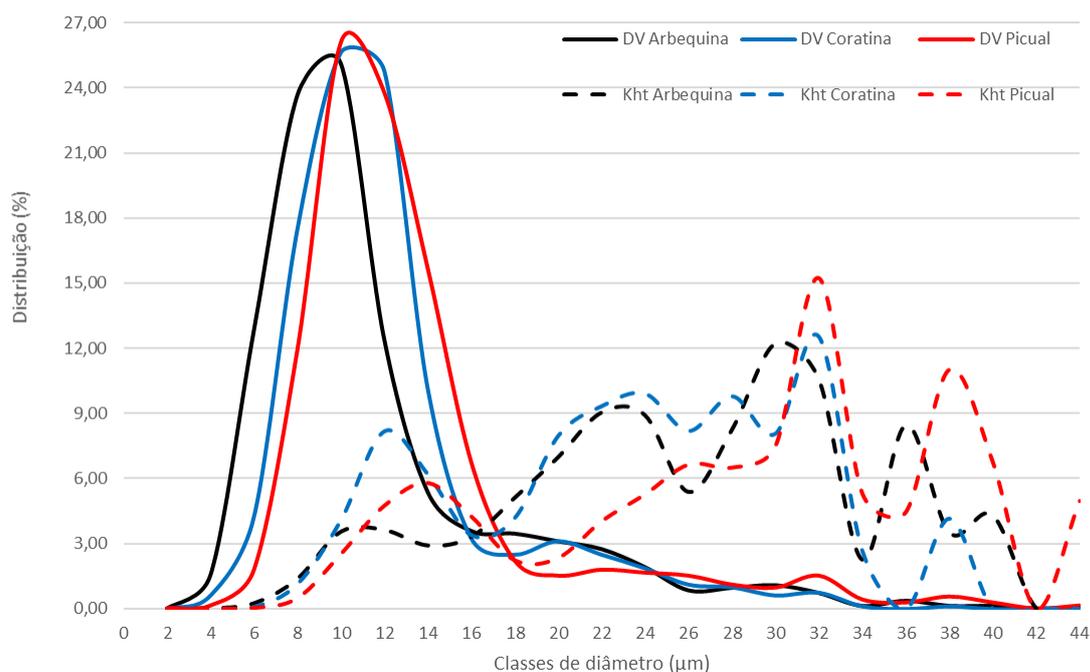


Figura 5 - Distribuição de frequência do diâmetro dos vasos condutores e condutividade teórica (Método de Hagen-Poiseuille) do xilema. DV: Diâmetro do vaso condutor (μm). Kht: Condutividade hidráulica teórica ($\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$).

Em relação à área média de ocupação dos vasos, que apresentou diferença significativa ($p < 0,001$), a ‘Picual’ registrou o maior valor com $0,0215 \text{ mm}^2$, equivalente à 23,88% da área, seguida da ‘Arbequina’ que alcançou $0,0195 \text{ mm}^2$, correspondendo à 21,66% da área avaliada. A ‘Coratina’, por sua vez, obteve $0,0193 \text{ mm}^2$, representando 21,44%, não diferindo na média na ‘Arbequina’.

Quanto à condutância hidráulica teórica (Kht), também representada na Figura 5, os dados apresentaram diferenças significativas e refletiram a dinâmica do comportamento dos fluidos em relação aos diâmetros. As classes foram separadas em intervalos de $2 \mu\text{m}$, evidenciando as alterações na capacidade de fluxo com base nos diâmetros. A distribuição da frequência da condutividade hidráulica teórica, ao contrário da distribuição dos diâmetros, concentrou-se predominantemente nas classes acima de $20 \mu\text{m}$. Um valor representativo foi observado nas três variedades nas classes de 8 a $16 \mu\text{m}$, devido à alta densidade nessas dimensões de vasos.

Ao dividir as classes em dois grupos de vasos, sendo um grupo de 0 a $22 \mu\text{m}$ (Figura 6) e outro de 22 a $44 \mu\text{m}$ (Figura 7), observa-se o quanto os valores diferem entre essas classes, principalmente em relação ao tamanho máximo encontrado nas variedades.

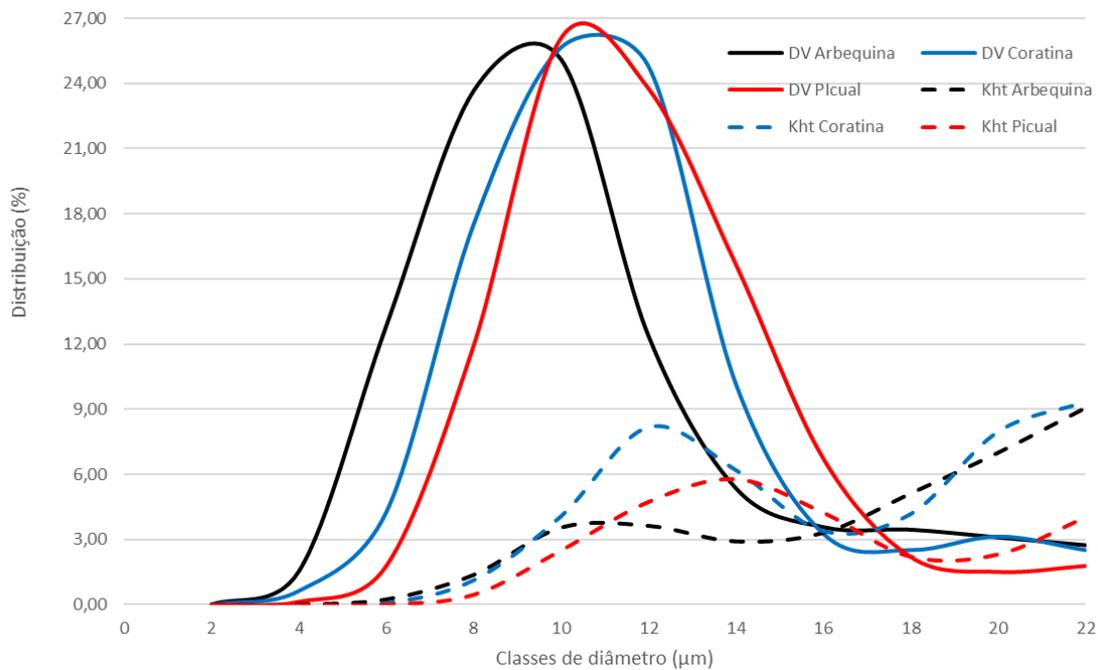


Figura 6 - Distribuição de frequência do diâmetro dos vasos condutores e condutividade teórica (Método de Hagen-Poiseuille) do xilema no intervalo de 0 a 22 micrômetros. DV: Diâmetro do vaso condutor (μm). Kht: Condutividade hidráulica teórica ($\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$).

A Figura 7, apresenta as relações da equivalência dos fluxos nos maiores vasos do xilema entre 22 e 44 μm .

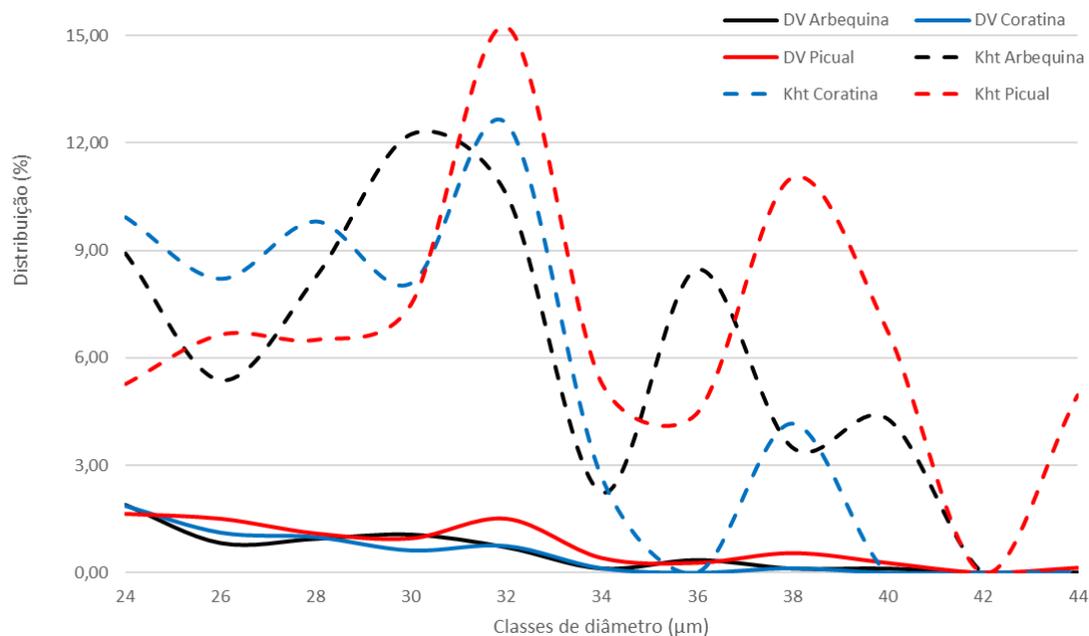


Figura 7: Distribuição de frequência do diâmetro dos vasos condutores e condutividade teórica (Método de Hagen-Poiseuille) do xilema no intervalo de 22 a 44 micrômetros. DV: Diâmetro do vaso condutor (μm). Kht: Condutividade hidráulica teórica ($\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$).

No grupo de 0 a 22 μm (Figura 8), há mais de 91% do total de vasos presentes no xilema. Onde a ‘Arbequina’ corresponde a 93,81% do número total de vasos, a ‘Coratina’, a 94,31% e a ‘Picual’ a 91,62%. No entanto, o fluxo teórico desse grupo de vaso não ultrapassa os 45% da condutividade hidráulica teórica total. No caso da ‘Arbequina’, esse valor fica em 36,13%, para a ‘Coratina’ em 44,62% e para a ‘Picual’ em 26,36%.

No segundo grupo, que abrange os diâmetros de 22 a 44 μm (Figura 7), engloba o restante, ou seja, aproximadamente 9% desses vasos. Em relação à condutividade hidráulica teórica, observam-se valores superiores a 55% do fluxo do segmento. Na faixa de 22 a 44 μm a variedade Arbequina, há 6,19% dos vasos e 63,87% da Kht, a ‘Coratina’ possui uma proporção semelhante com 5,63% dos vasos e 55,38% da Kht, enquanto a ‘Picual’ contribui com 8,38% dos vasos e 73,64% da Kht.

Essas variações no diâmetro influenciam de forma significativa a função do sistema condutor do xilema, uma vez que estão relacionadas à quarta potência entre o raio e o fluxo através de um capilar, conforme mencionado na Lei de Hagen-Poiseuille (EDZIRI *et al.*, 2021). Verificou-se que tal influência é corroborada com este trabalho com os dados apresentados na Figura 8.

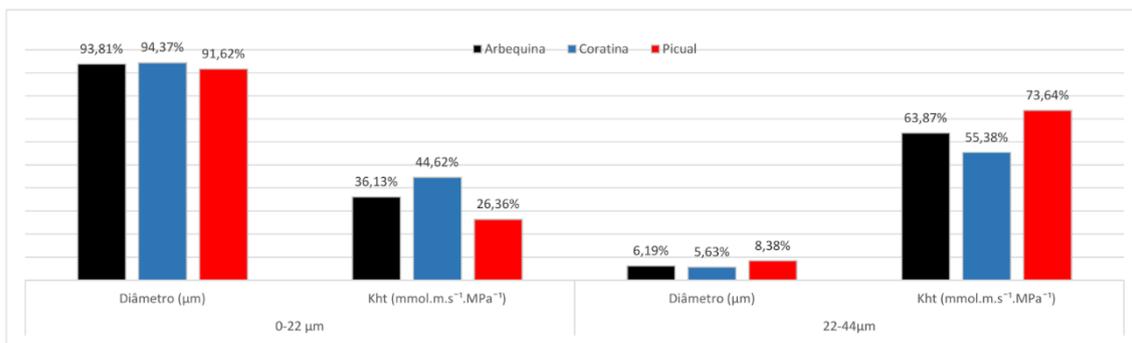


Figura 8: Proporção da frequência de distribuição do diâmetro dos vasos (%) e suas respectivas porcentagens de contribuição na condutividade hidráulica teórica (%).

A densidade da madeira não demonstrou diferença significativa entre as variedades na análise estatística (Tabela 4). No entanto, estudos têm evidenciado uma relação inversa entre o diâmetro dos vasos e a resistência à cavitação (POORTER *et al.*, 2010), bem como uma associação direta entre a densidade da madeira e a resistência à cavitação (CHAVE *et al.*, 2009). Vasos maiores com menor densidade tendem a ser mais vulneráveis. A Figura 9 apresenta a variabilidade da densidade da madeira ao longo do ano de 2022, registrando a média geral de $0,635 \text{ g.cm}^{-3}$ entre as três variedades. Embora a oliveira não seja empregada na produção de produtos provenientes de sua madeira, quando comparada com parâmetros de outras espécies, como eucalipto com $0,683 \text{ g.cm}^{-3}$ (PUPIN *et al.*, 2017), apresenta uma densidade elevada que contribui para sua resistência mecânica.

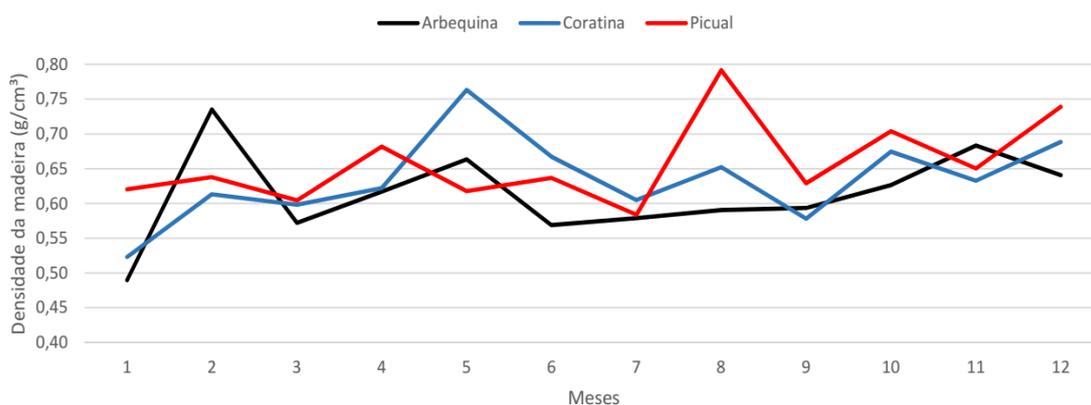


Figura 9: Variação da densidade da madeira (g/cm^3), avaliado pelo método de Arquimedes, entre as variedades Arbequina, Coratina e Picual no ano de 2022.

A determinação de massa seca serviu como um indicador de reserva de água nos ramos, tronco e raízes. Essas reservas internas de água na planta atuam como reguladoras durante períodos de escassez, podendo suprir as demandas por rápidos e curtos períodos. A oliveira é conhecida por ser a árvore mais bem adaptada a climas áridos (GHRAB *et al.*, 2013). Entretanto, em condições de suprimento adequado de água pelo ambiente, seu crescimento e acúmulo de carbono (massa seca) são otimizados (TAIZ *et al.*, 2017).

Pesquisas prévias também indicaram que a restauração hidráulica após períodos de déficit hídrico é geralmente robusta e completa em plantas com características de baixa densidade da madeira e alto armazenamento de água no caule (OGASA *et al.*, 2013; TRIFILÒ *et al.*, 2015), que não é o caso encontrado na oliveira. Por outro lado, plantas com uma estrutura de madeira mais compacta não conseguem restaurar plenamente a funcionalidade do xilema após o processo de reidratação (TRIFILÒ *et al.*, 2019). A densidade e a condutividade hidráulica da madeira estão inversamente correlacionadas (SAVI *et al.*, 2016).

No entanto, a oliveira é uma planta longeva e tem fortalecido sua presença devido ao crescente interesse comercial no sul do Brasil. Isso pode representar uma ferramenta significativa para contribuir com o sequestro de carbono. Ou seja, uma alta densidade pode desempenhar um papel importante na fixação do dióxido de carbono (CO₂) (ILARIONI *et al.*, 2013), contribuindo assim para o meio ambiente.

A massa seca, apesar de não apresentar diferença estatística, registra uma média de 51,65% entre as três variedades (Figura 10). Entretanto, a média de 48,35% da água amostrada, atua como uma margem de segurança ou atenuante para as flutuações ambientais suportadas, como no caso das restrições hídricas (TAIZ *et al.*, 2017). Além do mais, essa medida permanece estável ao longo do ano.

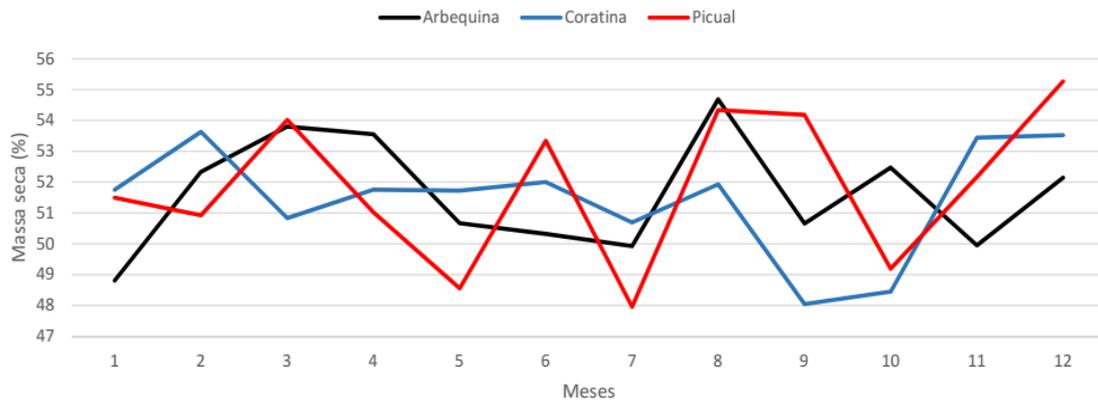


Figura 10: Variação da porcentagem da massa seca entre as variedades Arbequina, Coratina e Picual no ano de 2022.

No que se refere ao sistema agrícola, esse aspecto, em relação à eficiência do consumo hídrico, reforça a busca por variedades que melhor se adaptem à região, visando melhorar e aumentar a produção, reduzir os custos com os manejos e por consequência, aumentar a lucratividade.

5.4 Conclusões

Identificou-se, na anatomia dos vasos condutores do xilema na oliveira, diferenças intraespecíficas em relação à área e diâmetro dos vasos, e na condutividade hidráulica teórica.

A área média ocupada por elementos de vasos, nas condições do experimento, indicou que a variedade Picual apresentou a maior área, com 0,0215 mm², representando 23,88% de ocupação na amostra.

Na análise do diâmetro dos vasos entre as variedades avaliadas, o maior valor registrado foi na variedade Picual com 43 µm e 12,38 µm de média.

O grupo de elementos de vasos com maior importância, relacionado à segurança e sobrevivência da oliveira em relação às possíveis falhas hidráulicas, são os de 0 à 22 µm. O grupo de 22 à 44 µm é responsável por mais de 50% do fluxo total, destacando-se a 'Picual' com 73,64%.

As variedades apresentaram alta taxa de frequência dos vasos por mm², neste caso, valores acima de 1400 vasos.mm².

A densidade de madeira, não apresentou diferença significativa e a média entre as três variedades foi de 0,635g.cm³, considerada alta.

6 CAPÍTULO II - ANÁLISE DA RESPOSTA DA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA NATIVA, MÁXIMA E PERCENTUAL DE PERDA DA CONDUTIVIDADE (PLC) DA OLIVEIRA, VARIEDADES ARBEQUINA, CORATINA E PICUAL, EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES CLIMÁTICAS, NA REGIÃO DE PELOTAS - RS.

6.1 Introdução

Ações antrópicas são tidas como uma das causadoras das mudanças climáticas acarretando em flutuações na frequência e no padrão de distribuição das chuvas em escala global, exercendo uma influência direta sobre a disponibilidade de água para as plantas (PUTNAM; BROECKER, 2017). A exposição prolongada a períodos de seca afeta a produtividade e a alocação da biomassa vegetal (EZIZ *et al.*, 2017), consequentemente alterando a distribuição das espécies frutíferas (CLARK *et al.*, 2016).

Nos últimos anos, tem-se presenciado períodos de estiagem prolongada, que se estendem do verão às estações chuvosas, as quais deveriam repor os reservatórios naturais de água. Essa situação desperta preocupações acerca da funcionalidade dos variados sistemas produtivos.

Em situações de prolongada e intensa escassez hídrica, as tensões no xilema alcançam níveis críticos, levando os vasos a entrarem em embolia e isso resulta na interrupção da coluna de água contínua, podendo acarretar em consequências letais para a planta. (NOLAN *et al.*, 2021; BRITTON *et al.*, 2022; HAJEK *et al.*, 2022).

A condutividade hidráulica nativa é a condição natural do sistema xilemático no transporte de seiva por diferença de pressão no sistema solo-planta-atmosfera, e a condutividade máxima, por sua vez, é o fluxo após a remoção da embolia (SPERRY; DONNELLY; TYREE, 1988; COCHARD; CRUIZIAT; TYREE, 1992). Mensurações estas que inferem a suscetibilidade da cultura às condições que enfrentam no ambiente.

A oliveira exibe adaptações a essas condições adversas, como as restrições hídricas, contudo, não isenta de ter limites para tolerância e resistência. O fechamento estomático permite a redução da taxa fotossintética e está envolvido em outros mecanismos fisiológicos (GIORIO; SORRENTINO; D'ANDRIA, 1999), que auxiliam na aclimatação.

A avaliação das propriedades físicas relacionadas ao suprimento hídrico e à capacidade de sobrevivência em condições de estresse, tais como a condutividade da água

e o estado hídrico da planta, no caso de interrupções no fluxo, contribuem para dimensionar a densidade ou mudanças na população de plantas (LI *et al.*, 2015).

Diante deste exposto, teve-se por objetivo avaliar a condução da água no xilema em três variedades de oliveira, nas condições climáticas da região de Pelotas/RS, auxiliando na interpretação dos resultados da dinâmica da água em condições ambientais naturais.

6.2 Material e métodos

Localização e clima

O experimento foi conduzido na Fazenda da Palma, localizada no município de Capão do Leão, no Rio Grande do Sul, coordenadas $31^{\circ}48'09.92''$ S; $52^{\circ}30'48,27''$ O, altitude de 70 metros e declividade de $\cong 4\%$, delimitada na Figura 1.



Figura 1: Área experimental, delimitada em cor amarela, no qual, o experimento foi realizado, nas dependências do Centro Agropecuário da Palma, município de Capão do Leão/RS, de domínio da Universidade Federal de Pelotas - UFPel. Fonte: Google Earth, 2023

O local apresenta solo classificado como Argissolo Vermelho Amarelo. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é “Cfa”, caracterizando-se como temperado úmido, com verões quentes. A temperatura média é $17,9^{\circ}\text{C}$, e a precipitação anual é de 1500 mm. A área experimental possui cobertura vegetal com características de campo nativo, historicamente mantida por meio de manejo de roçada mecanizada e pastejo ovino. A densidade de plantio era de 5 m entre linha e 4 m entre plantas.

O experimento foi realizado nas condições naturais de campo, utilizando plantas da mesma idade, porém de variedades distintas. Durante o período experimental, nenhuma forma de suplementação hídrica foi aplicada no olival.

Material vegetal e processo de coleta no campo

As variedades de *Olea europaea*, utilizadas foram: ‘Arbequina’, ‘Coratina’ e ‘Picual’, no olival didático implantado no ano de 2017. As árvores apresentavam uma altura de 1,50 a 2,50 m e um diâmetro médio da copa de aproximadamente 1,30 m.

As avaliações foram conduzidas mensalmente ao longo do período de janeiro a dezembro de 2022. Coletou-se cerca de 8 a 10 ramos, mensalmente, por planta de cada variedade. Foram utilizados ramos com 0,8 a 1,0 m de comprimento, coletados na parte externa e mediana da copa por volta das 15 horas, utilizando uma tesoura de poda, mantendo-se a base dos mesmos em recipiente contendo água.

Posteriormente a base dos ramos foi envoltas em papel toalha umedecido com água, sendo em seguida acondicionadas em sacos de polietileno de cor preta e previamente umedecidas (Figura 2). Após a coleta, o material vegetal foi imediatamente transportado para o laboratório e mantido em uma câmara de temperatura controlada a 4,5 °C até o momento das avaliações.



Figura 2: Coleta do material para avaliações de condutividade, condutância hidráulica e percentual de perda de condutividade (PLC). A: ramo submerso em água sendo cortado; B: ramo sendo colocado em saco preto com papel umedecido.

Determinação da condutividade, condutância hidráulica e percentual de perda de condutividade

Os ramos armazenados foram aclimatados à temperatura do laboratório, 22°C, por 30 minutos antes de iniciar as avaliações, e após, colocados em bandeja contendo água destilada. Utilizou-se processo de corte e alívio de tensão, cortando as partes distais da área do segmento enquanto o ramo estava submerso em água. Os ramos selecionados

foram segmentados, com cortes em ambas as extremidades, até obter-se o segmento com as dimensões desejadas de 30 mm comprimento e 4 mm de diâmetro.

O segmento a ser avaliado foi transferido do recipiente para o equipamento de medição de condutividade hidráulica, XYL'EM-Plus[®] embolism meter (INRA Licensed, Bronkhorst France), também submerso, conforme ilustrado na Figura 3.

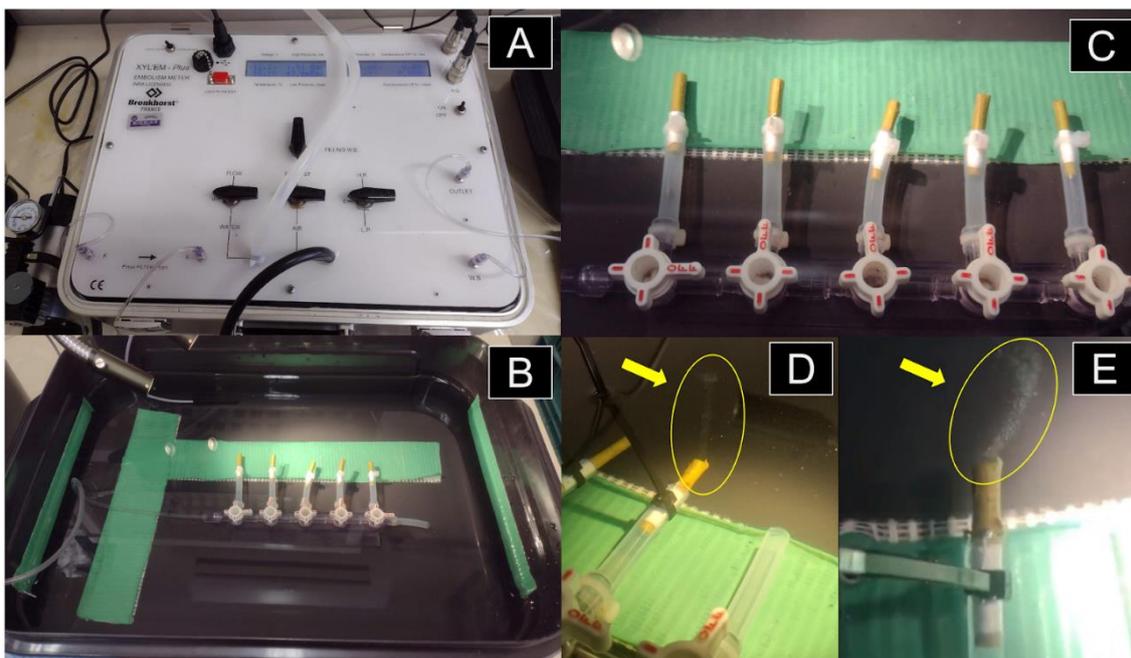


Figura 3: Aparato Xy'lem Plus meter e componentes utilizados para medições da condutividade hidráulica. A: Vista superior do equipamento, mangueiras, conexões e válvulas de comando; B: recipiente plástico com os segmentos de oliveira fixados em torneiras luer de 3 vias; D e E: momento da aplicação da solução de perfusão, em alta pressão, para remoção da embolia (seta em amarelo indica a remoção do ar/bolhas do sistema vascular).

O equipamento foi previamente preparado com solução de perfusão composta por água ultrapura (MilliQ), desgaseificada com a adição de 10 mM KCl e 1 mM CaCl₂, e filtro de membrana de 22 µm. Adotou-se o número de dez repetições por variedade, excluindo as repetições com valores negativos de perda da condutância hidráulica (PLC). As análises, seguiram os parâmetros dos ensaios, relacionados a tempos, tamanhos e pressões, conforme descrito por Torres-Ruiz (2014).

Variáveis analisadas

Condutividade hidráulica nativa (K_{ini}): os valores da condutividade hidráulica nativa foram obtidos por meio de medições dos fluxos, de cada segmento em função da pressão estabelecida na linha de baixa pressão do equipamento de 35 mBar. Esses valores foram registrados e armazenados usando software Xylem, versão XylWin+ 3.3 (ADAM *et al.*, 2015). A unidade de medida utilizada é $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.

Quanto à condutividade hidráulica máxima (K_{max}): foi aplicada uma solução em alta pressão com 1,50 Bar, durante 20 min para remoção da embolia de cada um dos segmentos. Após essa etapa, os valores da condutividade hidráulica máxima foram determinados a partir das medições dos fluxos dos segmentos, individualmente, utilizando a pressão 35 mBar estabelecida na linha de baixa pressão do equipamento. Após a coleta dos dados, eles foram armazenados pelo software. Os valores são expressos na unidade $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.

Condutância hidráulica específica (K_{esp}): obteve-se através do cálculo do valor da condutividade nativa pela área do segmento amostrado, conforme equação 5.

$$K_{esp} = \frac{K_{ini}}{\pi.r^2/4} \quad (5)$$

Sendo:

K_{esp} - condutância hidráulica específica ($\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$);

K_{ini} - condutividade hidráulica nativa ($\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$);

r - raio (m)

O percentual de perda da condutividade (PLC): foi resultante da relação entre a o K_{ini} e K_{max} , expresso pela equação 6.

$$PLC = 100 \frac{1-K_{ini}}{K_{max}} \quad (6)$$

Sendo:

PLC - perda da condutância hidráulica (%);

K_{ini} - condutividade hidráulica nativa ($\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$);

Kmax – condutividade hidráulica máxima ($\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$).

O material foi coletado em plantas selecionadas ao acaso (sorteamento) na parcela do olival. Os valores dos dados obtidos foram tabulados e avaliados pelo método de análise exploratória (método de visualização) das informações com representação gráfica do tipo boxplot (NETO *et al.*, 2017), para Kini, Kmax e Kesp e gráfico de colunas (PLC).

6.3 Resultados e discussão

Variáveis analisadas:

Condutividade hidráulica nativa - Kini, na Figura 4 são apresentados os resultados das comparações sazonais para cada uma das variedades.

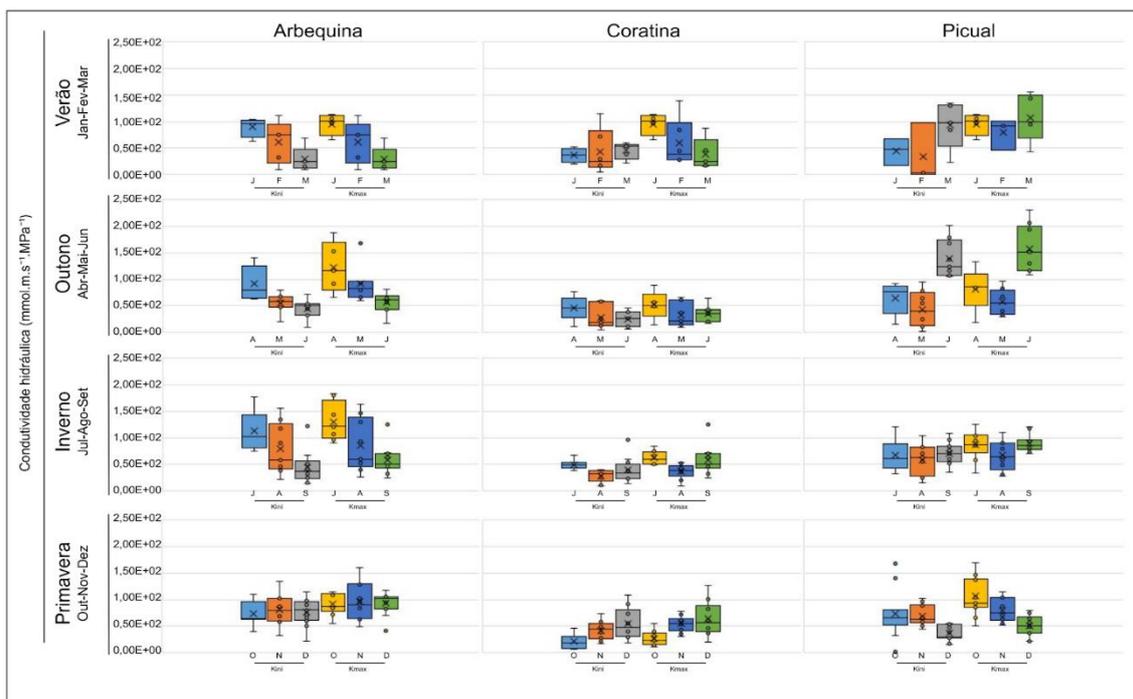


Figura 4: Comparativo da variação sazonal e temporal na condutividade hidráulica do xilema ($\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$) em função das condições nativas e após remoção da embolia em três variedades de oliveira. Kini: condutividade hidráulica nativa. Kmax: condutividade hidráulica máxima após aplicação de fluxo com solução de perfusão à 1,50 Bar para remoção da embolia. Letras na linha indicam os meses do ano na estação.

Kini - ‘Arbequina’

Na estação do verão (janeiro, fevereiro e março), os valores observados foram:

- Em janeiro, o valor máximo atingiu $6,35\text{E}+1 \text{ mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, a mediana foi de $9,64\text{E}+1 \text{ mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e o mínimo foi de $1,03\text{E}+1 \text{ mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.

- Para fevereiro, o valor máximo registrado foi de $1,12E+2$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, a mediana ficou em $7,49E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e o mínimo foi de $9,42E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.
- Em março, o valor máximo foi de $6,88E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $2,44E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $9,83E+0$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.

Na estação outono (abril, maio e junho), os valores observados foram:

- Abril, o valor máximo registrado foi de $1,41E+2$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, a mediana de $8,03E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, e o mínimo foi de $6,30E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.
- Maio, o valor máximo alcançou $7,97E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, a mediana foi de $5,79E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, e o mínimo foi de $2,01E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.
- Junho, o valor máximo observado foi de $7,15E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, a mediana de $5,13E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, e o mínimo foi de $8,83E+0$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.

Na estação do inverno (julho, agosto e setembro) os valores observados foram:

- Julho o valor máximo foi de $1,77E+2$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $1,03E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $7,48E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.
- Agosto o valor máximo foi de $1,56E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $5,88E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $2,13E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.
- Setembro, o valor máximo foi de $6,77E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $3,65E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $1,42E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹. O mês de setembro apresentou um valor discrepante (*outlier*) de $1,22E+2$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.

Na primavera (outubro, novembro e dezembro) os valores observados foram:

- Outubro o valor máximo foi de $1,10E+2$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $6,42E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $4,01E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.
- Novembro o valor máximo foi de $1,35E+2$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $7,97E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $3,24E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹. Em dezembro, o valor máximo foi de $1,15E+2$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $8,06E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $5,05E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.

- Dezembro apresentou um valor discrepante (*outlier*) de $2,12E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.

Kini - 'Coratina'

Na estação do verão (janeiro, fevereiro e março), os valores observados foram:

- Janeiro o valor máximo foi de $5,16E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $3,66E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $2,06E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.
- Fevereiro o valor máximo foi de $1,14E+2$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $2,43E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $4,26E+0$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.
- Março o valor máximo foi de $5,92E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $5,45E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $2,19E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.

Na estação outono (abril, maio e junho), os valores observados foram:

- Abril o valor máximo foi de $7,67E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $4,68E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $1,04E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.
- Maio o valor máximo foi de $6,05E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $1,94E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $4,76E+0$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.
- Junho o valor máximo foi de $4,58E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $2,70E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $6,05E+0$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.

Na estação do inverno (julho, agosto e setembro) os valores observados foram:

- Julho o valor máximo foi de $6,66E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $4,91E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $3,89E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.
- Agosto o valor máximo foi de $3,95E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $3,18E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $8,83E+0$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.
- Setembro o valor máximo foi de $5,89E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $3,29E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $1,33E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$. Houve em setembro um valor discrepante (*outlier*) de $9,58E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.

Na primavera (outubro, novembro e dezembro) os valores observados foram:

- Outubro o valor máximo foi de $4,65E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $1,83E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $5,44E+0$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.

- Novembro o valor máximo foi de $7,28E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $4,38E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $1,64E+0$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.
- Dezembro o valor máximo foi de $1,28E+2$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $4,70E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $1,78E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.

Kini - 'Picual'

Na estação do verão (janeiro, fevereiro e março), os valores observados foram:

- Janeiro o valor máximo foi de $6,28E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $4,72E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $1,78E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.
- Fevereiro o valor máximo foi de $9,75E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $2,89E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $9,00E+0$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.
- Março o valor máximo foi de $1,34E+2$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $9,83E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $2,28E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.

Na estação outono (abril, maio e junho), os valores observados foram:

- Abril o valor máximo foi de $9,25E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $7,62E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $1,62E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.
- Maio o valor máximo foi de $9,50E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $3,98E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $1,63E+0$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.
- Junho o valor máximo foi de $2,02E+2$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $1,24E+2$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $1,06E+2$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.

Na estação do inverno (julho, agosto e setembro) os valores observados foram:

- Julho o valor máximo foi de $1,21E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $6,15E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $3,17E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.
- Agosto o valor máximo foi de $1,04E+2$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $6,238E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $1,58E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.
- Setembro o valor máximo foi de $1,08E+2$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $7,03E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $3,47E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.

Na primavera (outubro, novembro e dezembro) os valores observados foram:

- Outubro o valor máximo foi de $8,05E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $6,53E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $1,55E+0$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.

- Novembro o valor máximo foi de $1,02E+2$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $6,27E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $4,51E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.
- Dezembro o valor máximo foi de $5,56E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $2,96E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $1,56E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.

Em outubro ocorreu dois valores discrepantes (*outliers*) com valores de $5,56E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e $5,52E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.

A **condutividade hidráulica máxima - K_{max}** , que é a condutividade hidráulica após a remoção da embolia. A Figura 4, também apresenta os resultados dos comparativos sazonais e temporais para cada uma das variedades.

K_{max} - ‘Arbequina’

Na estação do verão (janeiro, fevereiro e março), os valores observados foram:

- Janeiro o valor máximo foi de $1,14E+2$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $1,01E+2$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $6,65E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.
- Fevereiro o valor máximo foi de $2,22E+2$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $1,14E+2$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $3,35E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.
- Março o valor máximo foi de $8,75E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $2,53E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $1,56E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.

Na estação outono (abril, maio e junho), os valores observados foram:

- Abril o valor máximo foi de $1,53E+2$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $1,17E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $6,05E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.
- Maio o valor máximo foi de $9,67E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $8,27E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $6,05E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.
- Junho o valor máximo foi de $8,15E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $6,21E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $1,65E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.
- No mês de maio registrou-se um valor discrepante (*outlier*) de $1,68E+2$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.

Na estação do inverno (julho, agosto e setembro) os valores observados foram:

- Julho o valor máximo foi de $1,83E+2$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $1,22E+2$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $1,21E+2$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.

- Agosto o valor máximo foi de $1,63E+2$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $5,998E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $2,64E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.
- Setembro o valor máximo foi de $7,07E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $5,09E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $2,51E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.
- No mês de setembro registrou-se um valor discrepante (*outlier*) de $1,25E+2$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.

Na primavera (outubro, novembro e dezembro) os valores observados foram:

- Outubro o valor máximo foi de $1,12E+2$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $8,70E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $5,50E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.
- Novembro o valor máximo foi de $1,61E+2$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $9,04E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $4,96E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.
- Dezembro o valor máximo foi de $1,17E+2$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $1,02E+2$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $6,95E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.
- No mês de dezembro registrou-se um valor discrepante (*outlier*) de $4,12E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.

Kmax - 'Coratina'

Na estação do verão (janeiro, fevereiro e março), os valores observados foram:

- Janeiro o valor máximo foi de $5,27E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $3,94E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $2,99E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.
- Fevereiro o valor máximo foi de $1,39E+2$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $3,84E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $2,78E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.
- Março o valor máximo foi de $1,03E+2$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $5,64E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $2,24E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.

Na estação outono (abril, maio e junho), os valores observados foram:

- Abril o valor máximo foi de $8,83E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $5,06E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $1,39E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.
- Maio o valor máximo foi de $6,61E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $2,12E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $1,01E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.
- Junho o valor máximo foi de $6,45E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $3,62E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $1,68E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.

Na estação do inverno (julho, agosto e setembro) os valores observados foram:

- Julho o valor máximo foi de $8,42E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $5,91E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $4,87E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.
- Agosto o valor máximo foi de $5,30E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $3,848E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $9,88E+0$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.
- Setembro o valor máximo foi de $7,65E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $4,40E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $1,59E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.
- No mês de setembro registou-se um valor discrepante (*outlier*) de $1,07E+2$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.

Na primavera (outubro, novembro e dezembro) os valores observados foram:

- Outubro o valor máximo foi de $5,50E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $2,24E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $1,04E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.
- Novembro o valor máximo foi de $7,82E+2$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $5,47E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $3,11E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.
- Dezembro o valor máximo foi de $1,28E+2$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $5,58E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $1,98E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.

Kmax - 'Picual'

Na estação do verão (janeiro, fevereiro e março), os valores observados foram:

- Janeiro o valor máximo foi de $7,12E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $5,10E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $1,81E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.
- Fevereiro o valor máximo foi de $1,02E+2$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $9,13E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $4,63E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.
- Março o valor máximo foi de $1,56E+2$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $9,90E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $4,28E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.

Na estação outono (abril, maio e junho), os valores observados foram:

- Abril o valor máximo foi de $1,33E+2$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $8,63E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $1,81E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.
- Maio o valor máximo foi de $9,67E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹, mediana de $5,58E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹ e mínimo de $2,96E+1$ mmol.m.s⁻¹.MPa⁻¹.

- Junho o valor máximo foi de $2,31E+2$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $1,52E+2$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $1,08E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.

Na estação do inverno (julho, agosto e setembro) os valores observados foram:

- Julho o valor máximo foi de $1,252E+2$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $8,67E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $3,31E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.
- Agosto o valor máximo foi de $1,10E+2$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $6,43E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $2,79E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.
- Setembro o valor máximo foi de $1,20E+2$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $8,48E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $7,09E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.

Na primavera (outubro, novembro e dezembro) os valores observados foram:

- Outubro o valor máximo foi de $1,70E+2$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $9,37E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $5,00E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.
- Novembro o valor máximo foi de $1,15E+2$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $7,50E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $5,14E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.
- Dezembro o valor máximo foi de $7,98E+2$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $5,12E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $2,12E+1$ $\text{mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.

A **condutância hidráulica específica - K_{esp}** , que é a capacidade de transferir a água líquida pelos tecidos. A Figura 5, são apresentados os resultados dos comparativos sazonais e temporais para cada uma das variedades.

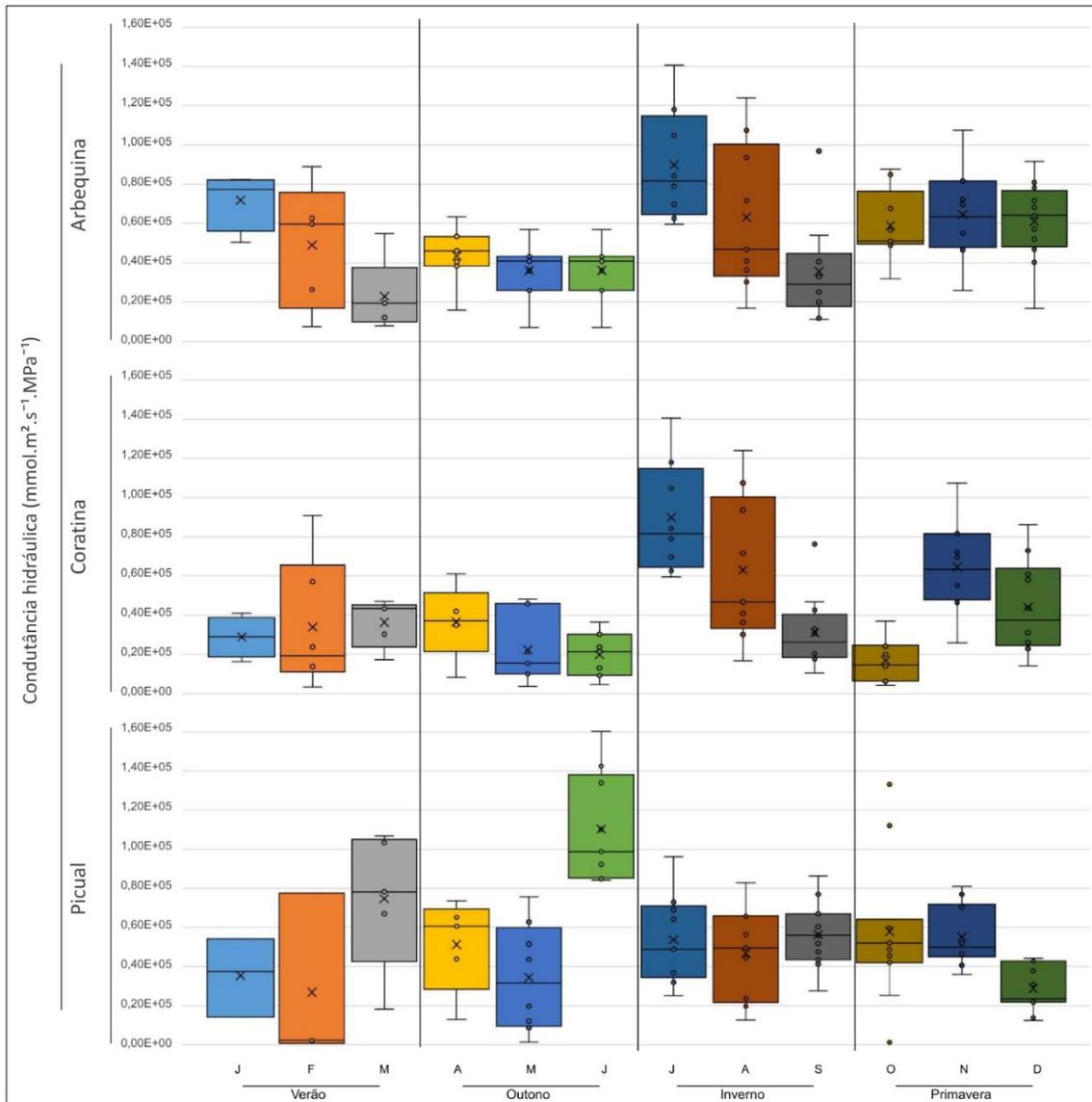


Figura 5: Comparativo da variação sazonal e temporal na condutância hidráulica do xilema (mmol.m².s⁻¹.MPa⁻¹) de três variedades de oliveira, no ano de 2022.

Kesp - 'Arbequina'

Na estação do verão (janeiro, fevereiro e março), os valores observados foram:

- Janeiro o valor máximo foi de $8,22E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $7,67E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $5,05E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.
- Fevereiro o valor máximo foi de $8,89E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $5,96E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $7,49E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.
- Março o valor máximo foi de $5,47E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $1,94E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $7,83E+5$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.

Na estação outono (abril, maio e junho), os valores observados foram:

- Abril o valor máximo foi de $1,12E+7$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $6,39E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $5,01E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.
- Maio o valor máximo foi de $6,34E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $4,61E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $1,60E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.
- Junho, o valor máximo foi de $5,69E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $4,08E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $7,03E+5$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.

Na estação do inverno (julho, agosto e setembro) os valores observados foram:

- Julho o valor máximo foi de $1,41E+7$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $8,16E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $5,95E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.
- Agosto, o valor máximo foi de $1,24E+7$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $4,68E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $1,70E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.
- Setembro, o valor máximo foi de $5,38E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $2,90E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $4,41E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, com um valor discrepante (*outlier*) de $9,68E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.

Na primavera (outubro, novembro e dezembro) os valores observados foram:

- Outubro o valor máximo foi de $8,75E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $5,11E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $3,19E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.
- Novembro o valor máximo foi de $1,07E+7$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $6,34E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $2,58E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.

- Dezembro o valor máximo foi de $9,15E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $6,42E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $1,68E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.

Kesp - ‘Coratina’

Na estação do verão (janeiro, fevereiro e março), os valores observados foram:

- Janeiro o valor máximo foi de $4,10E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $2,91E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $1,64E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.
- Fevereiro o valor máximo foi de $9,09E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $1,93E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $3,39E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.
- Março, o valor máximo foi de $4,71E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $4,34E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $1,74E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.

Na estação outono (abril, maio e junho), os valores observados foram:

- Abril o valor máximo foi de $6,10E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $3,72E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $8,29E+5$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.
- Maio, o valor máximo foi de $4,81E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $1,55E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $3,79E+5$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.
- Junho, o valor máximo foi de $3,65E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $2,15E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $4,81E+5$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.

Na estação do inverno (julho, agosto e setembro) os valores observados foram:

- Julho, o valor máximo foi de $5,30E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $3,91E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $3,10E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.
- Agosto, o valor máximo foi de $3,14E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $2,53E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $7,05E+5$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.
- Setembro, o valor máximo foi de $4,69E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $2,62E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $1,06E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, com um valor discrepante (*outlier*) de $7,63E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.

Na primavera (outubro, novembro e dezembro) os valores observados foram:

- Outubro, o valor máximo foi de $3,70E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $1,46E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $4,33E+5$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.

- Novembro, o valor máximo foi de $5,79E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $3,49E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $1,31E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.
- Dezembro, o valor máximo foi de $8,62E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $3,74E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $1,41E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.

Kesp - 'Picual'

Na estação do verão (janeiro, fevereiro e março), os valores observados foram:

- Janeiro o valor máximo foi de $5,42E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $3,75E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $1,42E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.
- Fevereiro, o valor máximo foi de $7,76E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $2,30E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $7,16E+4$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.
- Março, o valor máximo foi de $1,07E+7$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $7,83E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $1,81E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.

Na estação outono (abril, maio e junho), os valores observados foram:

- Abril, o valor máximo foi de $7,36E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $6,06E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $1,29E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.
- Maio, o valor máximo foi de $7,56E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $3,17E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $1,30E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.
- Junho, o valor máximo foi de $1,60E+7$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $9,88E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $8,42E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.

Na estação do inverno (julho, agosto e setembro) os valores observados foram:

- Julho, o valor máximo foi de $9,62E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $4,89E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $2,52E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.
- Agosto, o valor máximo foi de $8,29E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $4,95E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $1,25E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.
- Setembro, o valor máximo foi de $8,62E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $5,60E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $2,76E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.

Na primavera (outubro, novembro e dezembro) os valores observados foram:

- Outubro, o valor máximo foi de $6,41E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $5,20E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $1,23E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, com

dois valores discrepantes (*outliers*) de $1,33E+7$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e $1,12E+7$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.

- Novembro, o valor máximo foi de $8,09E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $4,99E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $3,59E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.
- Dezembro, o valor máximo foi de $4,42E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, mediana de $2,35E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e mínimo de $1,24E+6$ $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$.

A **percentagem de perda da condutividade hidráulica - PLC**, resultante da razão entre a K_{ini} e K_{max} . Na Figura 6 são apresentados os resultados do comparativo sazonal e temporal para cada uma das variedades.

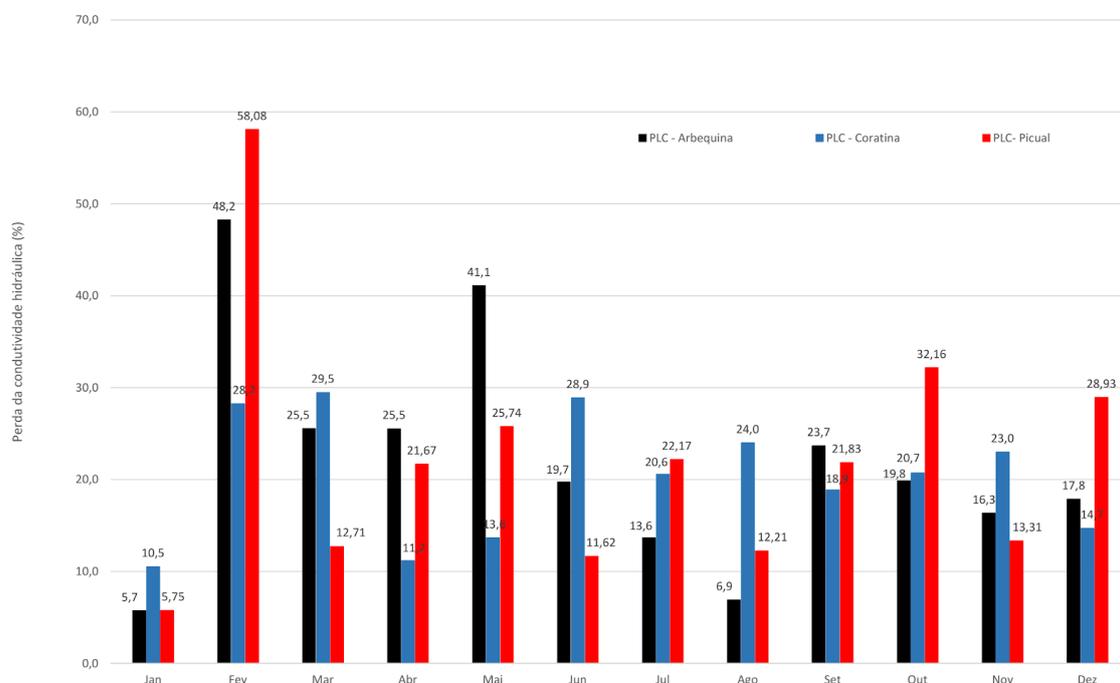


Figura 6: Valores de perda de condutividade hidráulica (%) entre as variedades Arbequina, Coratina e Picual no ano de 2022.

PLC - ‘Arbequina’

Na estação de verão, a variedade Arbequina apresentou valores médios de 5,7%, 48,2% e 25,5% para os meses de janeiro, fevereiro e março, respectivamente. No outono, as médias foram de 25,5% em abril, 14,1% em maio e 19,7% em junho. No inverno, as médias foram de 13,6% em julho, 6,9% em agosto e 23,7% em setembro. Na primavera as médias foram de 19,8% em outubro, 16,3% em novembro e 17,8% em dezembro.

PLC - 'Coratina'

Durante o verão, a variedade 'Coratina' obteve valores médios de 10,5% em janeiro, 28,2% em fevereiro e 29,5% em março. No outono, as médias foram de 11,2% em abril, 13,6% em maio e 28,9% em junho. No inverno, as médias foram de 20,6% em julho, 24% em agosto e 18,9% em setembro. Na primavera, as médias foram de 20,7% em outubro, 23% em novembro e 14,7% em dezembro.

PLC - 'Picual'

Em relação à variedade Picual, durante o verão, foram registrados valores médios de 5,75% em janeiro, 58,08% em fevereiro e 12,71% em março. No outono, as médias foram de 21,67% em abril, 25,74% em maio e 11,62% em junho. No inverno, as médias foram de 22,17% em julho, 12,21% em agosto e 21,83% em setembro. Na primavera, as médias foram de 32,16% em outubro, 13,31% em novembro e 28,93% em dezembro.

O consumo de água pelas plantas é um tema em constante crescimento, evidenciado pelas limitações hídricas recorrentes nos últimos anos. Diante dessa perspectiva, o estudo conduzido em condições de campo registrou informações em escala sazonal e temporal sobre as respostas das variedades de oliveira em relação à condutividade hidráulica do xilema (nativa e máxima), bem como sua falha, representada pelo percentual de perda de condutividade hidráulica (PLC).

1- O Kini variou em escala sazonal e entre variedades.

Os valores de condutividade hidráulica nativa (Kini) na variedade Arbequina apresentaram uma tendência de decréscimo durante a estação de verão. Em janeiro a mediana foi de $9,64E+1 \text{ mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$; em fevereiro $7,49E+1 \text{ mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$; e em março, diminuiu para $2,44E+1 \text{ mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, porém, igualando os valores mínimos de Kini em fevereiro e março. Por outro lado, a variedade Coratina manteve sua dinâmica estável, apenas com dispersão dos valores no mês de fevereiro. Na variedade Picual, foi observada uma tendência crescente na condutividade hidráulica de janeiro à março, com valores variando de $9,00E+1 \text{ mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ como mínimo em fevereiro à $1,34E+2 \text{ mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ como máximo em março.

No verão, esses valores apresentam respostas distintas conforme a variedade. Essas variações na condutividade estão diretamente relacionadas aos fatores ambientais e às condições em que a planta se encontra. Esses dados corroboram com Ahmad e Li (2021), que citam que estão fortemente ligados às características genéticas, principalmente ao diâmetro do elemento de vaso, que melhora o fluxo e, conseqüentemente, a absorção de água.

No outono, as variedades Arbequina e Coratina apresentaram uma tendência decrescente ao longo do período, enquanto que, no sentido oposto, a ‘Picual’ alcançou um valor elevado com $2,02E+2 \text{ mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$. Este valor, em março, para a variedade Picual, foi o mais alto encontrado em comparação com as medições realizadas durante a estação e ao longo do ano.

No inverno a variedade Arbequina novamente apresentou uma curva decrescente, com valores máximos de $1,77E+2 \text{ mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ em julho, e $1,22E+2 \text{ mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ em setembro. Diferentemente da ‘Arbequina’, as outras variedades mantiveram a estabilidade nos valores de condutividade hidráulica nativa. A ‘Coratina’ manteve mediana de $4,91E+1 \text{ mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ em julho, $3,18E+1 \text{ mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ em agosto e $3,29E+1 \text{ mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ em setembro. Já a ‘Picual’, em relação à mediana, apresentou valores de $6,15E+1 \text{ mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, $6,23E+1 \text{ mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e $7,03E+1 \text{ mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, respectivamente, nos mesmos meses.

Na primavera, observaram-se valores com menor variabilidade na dispersão dos dados, e o mesmo ocorreu entre as variedades. Presumidamente, esperava-se o fluxo maior devido ao período de floração. No entanto, a condutividade ocorreu com intensidade baixa, possivelmente devido à ausência de desenvolvimento dos frutos, que poderia ser resultado dos tratamentos culturais realizados no ano anterior. Durante o período de avaliação, os níveis de precipitação foram baixos e as temperaturas elevadas para a normal climática (IRGA, 2022). Apenas a variedade Picual registrou valores discrepantes (*outliers*), com $5,56E+1 \text{ mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$ e $5,52E+1 \text{ mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$, que podem ser justificados pela variabilidade da formação dos vasos condutores, levando a elevados valores de condutividade.

2- O Kmax respondeu como esperado de acordo com o fluxo do Kini.

A condutividade hidráulica máxima (Kmax) apresentou a resposta esperada, com valores acima aos registrados na condutividade hidráulica nativa. Resultado obtidos por Lens *et al.* (2013), evidenciaram que em tensões excessivas no sistema xilemático podem causar falha na funcionalidade das pontoações e a propagação das bolhas de ar, ou seja, a embolia resultante da cavitação, também foi observada neste trabalho.

No período do verão, os maiores valores de Kmax foram encontrados na variedade Picual, que também teve os maiores fluxos da estação em Kini. Em relação ao percentual de perda de condutividade hidráulica (PLC), a variedade Picual registrou uma média de 5,75% em janeiro, igualando-se à variedade Arbequina, que teve 5,70%. Entretanto, a 'Picual' alcançou um valor de 58,08% em fevereiro, sendo a maior medida média durante todo período de avaliação. A variedade Arbequina seguiu com 48,20%. Esses valores podem estar associados à falta de chuva registrada no período (0 mm em escala pentadal, que antecede a avaliação em fevereiro) e ao valor de déficit de pressão de vapor, que atingiu o valor máximo de 0,64 KPa nessa época (dados não publicados).

No outono, no mês de maio, a variedade Arbequina registrou elevado valor de condutância hidráulica máxima (Kmax) ($9,67E+1 \text{ mmol.m.s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$), que resultou em um PLC de 41,10%. Na 'Coratina', os resultados variaram de 11,20% em abril, 13,60% em maio e 28,9% em junho, durante esse mesmo período. Por outro lado, na variedade Picual, os valores foram de 21,67% (abril), 25,74% (maio) e 11,62% (junho), mostrando uma resposta diferente em relação à 'Arbequina' na Kmax.

Durante o inverno, a condutividade hidráulica máxima seguiu os padrões das estações anteriores. Houve um acréscimo de fluxo de Kmax, após a remoção da embolia. Nas variedades Coratina e Picual, os valores de perda da condutividade hidráulica sofreram pequena variação em julho e setembro.

No mês de agosto, houve uma discrepância dos valores de PLC, em que a 'Arbequina' registrou 6,90%, a 'Coratina' 24% e a 'Picual' 12,21%. Apesar de ter valores semelhantes à estação da primavera, o inverno apresentou fluxo na Kmax esperado. A precipitação nesse período, em dados em escala pentadal a data da coleta, foi 48,5 mm em julho, 0 mm em agosto e 26,6 mm em setembro. Esses dados podem justificar a discrepância dos valores obtidos no Kmax e no PLC no mês de agosto (0 mm), os quais indicam diretamente a resposta e a condução da seiva em situações de limitação hídrica e baixas temperaturas.

Na primavera, os valores de Kmax apresentaram variações distintas, assim como os valores de Kini, resultando em diferenças entre as variedades. No mês de outubro, a variedade Picual registrou um valor médio de 32,16% de PLC, apesar de um acumulado de chuva em escala pentadal de 49,30 mm. A ‘Arbequina’ e a ‘Coratina’ alcançaram valores de PLC de 19,80% e 20,70%, respectivamente, possivelmente devido à sua caracterização com diâmetros de vasos menores em comparação com à ‘Picual’.

3- O Kesp foi específico para cada variedade ao longo do ano

A condutância hidráulica, conforme mencionada no referencial deste trabalho, representa a oposição ao fluxo de água devido à sua resistência. Em outras palavras, é a capacidade de a planta conduzir a água sob um gradiente de pressão. Além disso, a condutância hidráulica é influenciada por variáveis que alteram sua dinâmica, como o diâmetro dos vasos, a viscosidade da água, o gradiente de pressão, o estresse ou a limitação hídrica, os efeitos decorrentes da embolia, dentre outros fatores. Neste estudo, a condutância foi estimada a partir da condutividade hidráulica nativa em relação à área da seção medida.

Essa avaliação revelou diferenças nos resultados da distribuição da condutância hidráulica específica entre as variedades. Durante o verão, a variedade Picual apresentou maiores valores de Kesp, o que também ocorreu na estação de outono. As variedades Arbequina e Coratina tiveram maiores níveis de condutância no inverno em relação à ‘Picual’. Supõe-se que uma das causas pode ser devido à densidade dos fluidos, que, de acordo com as leis da termodinâmica, tendem a aumentar a viscosidade devido às baixas temperaturas. Isso, por sua vez, leva a uma diminuição na circulação nos condutos.

Na primavera, assim como na condutividade hidráulica nativa (Kini), os valores foram relativamente baixos em comparação com a estação de inverno. Esta estação corresponde ao período de retomada do crescimento vegetativo e florífero. Entretanto, durante esse mesmo período, ocorreram ondas de calor extremamente altas para a região, o que pode ter influenciado no fechamento estomático e, conseqüentemente, na regulação da condutância hidráulica do xilema.

4- A interferência e relação entre os elementos analisados

Após a análise dos dados, constatou-se que a oliveira, nas condições de clima temperado “Cfa”, apresenta uma resposta não estável e imprevisível em relação às características de condutividade hidráulica do xilema esperadas. Isso corrobora com as informações de Rajput *et al.* (2017), que as plantas possuem a habilidade de adaptar suas propriedades hidráulicas do xilema em diversas situações de estresse, fortalecendo o xilema, reduzindo a condutividade hidráulica das raízes e assegurando uma alta eficiência hidráulica. Poderia ser o estresse ambiental, como a restrição hídrica e altas temperaturas, que regula e altera a condutividade hidráulica nativa.

As condições do ambiente, especialmente na região de Pelotas - RS, apresentam faixas de solo relativamente rasas e suscetíveis ao encharcamento. No entanto, o local do experimento possui uma declividade de aproximadamente 4%, o que contribui para a drenagem eficaz. Durante uma atividade realizada no local na primeira quinzena de fevereiro, ao realizar uma escavação de cerca de 60 cm de profundidade, foi possível observar visualmente a presença de umidade no sistema radicular, abaixo dos 40 cm (comunicação pessoal do autor). Esse fato pode corroborar com a adaptação das plantas ao ambiente do campo e com altos valores de PLC registrados, os quais se associam aos baixos níveis de precipitação durante o período. As temperaturas ambientais também podem ter uma relevância maior do que a própria precipitação no contexto da falha hidráulica e do PLC, conforme relatado por Anderegg *et al.* (2018). No entanto, tal cenário é compensado pelo mecanismo de regulação estomática e, por conseguinte, pela condutância hidráulica.

A condutância hidráulica desempenha um papel crucial nas interações hídricas das plantas, podendo influenciar respostas coordenadas, como a abertura dos estômatos, a taxa de fotossíntese e o crescimento em resposta a mudanças nas condições ambientais, o mesmo caso encontrado por Sutka *et al.* (2011).

6.4 Conclusões

A resposta da condutividade hídrica nativa, a máxima e a condutância hidráulica específica apresentaram diferenças no âmbito temporal, sazonal e intraespecífico.

A variação dos dados não se limita apenas a variedades, ou seja, ao fator genético, sendo também influenciada pelas condições ambientais.

O percentual de perda de condutividade hidráulica registrou os maiores valores no verão, no mês de fevereiro, com destaque para a variedade Picual.

7 Considerações finais

Queremos ressaltar que a pesquisa realizada e neste documento apresentado com seus respectivos resultados permitem levantar alguns pontos muito importantes, dentre eles a necessidade de a experimentação ser realizada inicialmente em condições de ambiente controlado. A complementariedade da discussão entre os dois capítulos é muito importante, uma vez que a avaliação do potencial hídrico não foi apresentada neste documento. Ele é fundamental para explicar alguns dos resultados não conclusivos.

Com base nos resultados apresentados no capítulo II deste trabalho, embora não possam ser considerados conclusivos, foi possível verificar alterações visíveis em escala sazonal e temporal na condutividade hidráulica inicial, máxima, específica e no PLC, dentre as variedades.

Para se obter representações mais detalhadas sobre as respostas das cultivares avaliadas e também outras de interesse comercial, especialmente no Rio Grande do Sul, sugere-se realizar avaliações em ciclos consecutivos e em olivais comerciais estabelecidos. Estes olivais devem ser gerenciados e conduzidos de acordo com as práticas adequadas para a cultura. Essa abordagem de avaliação deve estar acompanhada dos resultados de produção, visto que a dinâmica hídrica exerce influência diretamente sobre a qualidade do produto final, ou seja, as azeitonas e o azeite.

Além disso, sugere-se uma caracterização histomorfológica mais detalhada de outras cultivares de importância, como foi feito no capítulo I. Essa caracterização, juntamente com a determinação das margens de segurança hidráulica e outras práticas, pode orientar os produtores na melhoria do manejo e na melhor quantificação da irrigação quando necessário.

Apesar de a oliveira ser uma planta conhecida por sua expectativa de vida milenar, ela é sensível à falta de água em termos de produtividade. No Brasil, há poucos estudos sobre os níveis de disponibilidade ou suplementação hídrica para a oliveira, em parte devido ao fato de ser uma cultura relativamente nova no país.

A alternância de produção pode ser minimizada ao fornecer, em quantidades adequadas, a disponibilidade hídrica, o que influencia a absorção de nutrientes essenciais para o crescimento. Os períodos de crescimento vegetativo desempenham um papel crucial na produção do ano subsequente e podem reverter a baixa produtividade observada no Rio Grande do Sul.

As técnicas de avaliação empregadas nesta pesquisa devem ser integradas com outras áreas científicas correlatas, como a física e química do solo, a qualidade dos frutos, as práticas de manejo e a genética, a fim de garantir uma base técnica e científica sólida, dada a complexidade do assunto.

REFERÊNCIAS

ADAM, B.; COCHARD, H.; AMEGLIO, T.; BODET, C. **Xyl'em+ 3.3**. Clermont-Ferrand. 2015. Disponível em: <http://herve.cochard.free.fr/XYLEM/xylwin+3_3.zip>. Acesso em: 10 out. 2021.

AGRICULTURA, R. 14ª EDIÇÃO DO CURSO DE ESTATÍSTICA EXPERIMENTAL, DE F. PIMENTEL-GOMES. **BRAZILIAN JOURNAL OF AGRICULTURE - Revista de Agricultura**, v. 75, n. 2, 2015.

AHMAD, H.; LI, J. Impact of water deficit on the development and senescence of tomato roots grown under various soil textures of Shaanxi, China. **BMC Plant Biology**, v. 21, n. 1, 2021.

ALBA, J. M. F.; FLORES, C. A.; WREGGE, M. S. Zoneamento edafoclimático da Olivicultura para o Rio grande do Sul. **1**, p. 70, 2013.

ALVIM, S. J. T. **Desenvolvimento de solução integrada para auxílio no uso da Câmara de Pressão de Scholander em medidas de potencial hídrico foliar**. 2021. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2021.

AMEGLIO, T.; MORIZET, J.; CRUIZIAT, P.; MARTIGNAC, M.; BODET, C.; RAYNAUD, H. The effects of root temperature on water flux, potential and root resistance in sunflower. **Agronomie**, v. 10, n. 4, 1990.

ANDEREGG, L. D. L.; BERNER, L. T.; BADGLEY, G.; SETHI, M. L.; LAW, B. E.; HILLERISLAMBERS, J. **Within-species patterns challenge our understanding of the leaf economics spectrum** *Ecology Letters*. 2018.

AWAD, H.; BARIGAH, T.; BADEL, E.; COCHARD, H.; HERBETTE, S. Poplar vulnerability to xylem cavitation acclimates to drier soil conditions. **Physiologia Plantarum**, v. 139, n. 3, mar. 2010. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1399-3054.2010.01367.x>>.

AZEVEDO NETTO, J. M.; FERNANDEZ, M. F.; ARAÚJO, R.; ITO, A. E. **Manual De Hidráulica** 8ª Ed. 1998.

BACELAR, E. A.; MOUTINHO-PEREIRA, J. M.; GONÇALVES, B. C.; FERREIRA,

H. F.; CORREIA, C. M. Changes in growth, gas exchange, xylem hydraulic properties and water use efficiency of three olive cultivars under contrasting water availability regimes. **Environmental and Experimental Botany**, v. 60, n. 2, 2007.

BACELAR, E. B.; GONÇALVES, B.; PEREIRA J. M.; CORREIA, C. Botânica e morfologia da Oliveira. *In*: MANUEL ÂNGELO RODRIGUES; CARLOS MANUEL CORREIA. **Manual da safra e contra safra do olival**. Bragança: Instituto Politécnico, 2009. p. 9–16.

BARRANCO NAVERO, D.; FERNÁNDEZ ESCOBAR, R.; RALLO ROMERO, L. El cultivo del olivo. **El cultivo del olivo**, 2017.

BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J. I. **As plantas e o clima: princípios e aplicações**. Guaíba: Agrolivros, 2017. 352 p.

BORGES, T. H.; PEREIRA, J. A.; CABRERA-VIQUE, C.; LARA, L.; OLIVEIRA, A. F.; SEIQUER, I. Characterization of Arbequina virgin olive oils produced in different regions of Brazil and Spain: Physicochemical properties, oxidative stability and fatty acid profile. **Food Chemistry**, v. 215, 2017.

BORGES, V. P.; OLIVEIRA, A. S. de; COELHO FILHO, M. A.; SILVA, T. S. M. da; PAMPONET, B. M. Avaliação de modelos de estimativa da radiação solar incidente em Cruz das Almas, Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 1, 2010.

BOUKHARI, R. **Contribution à l'analyse génétique et caractérisation de quelques variétés d'olivier et l'influence de l'environnement sur leurs rendements au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou**. 2014. UNIVERSITE ABOU BEKER BELKAID, TLEMEN, 2014. Disponível em: <<http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/5449/1/Magister-boukhari-rachid.pdf>>. Acesso em: 11 out. 2023.

BRITTON, T. G.; BRODRIBB, T. J.; RICHARDS, S. A.; RIDLEY, C.; HOVENDEN, M. J. Canopy damage during a natural drought depends on species identity, physiology and stand composition. **New Phytologist**, v. 233, n. 5, 2022.

BRODRIBB, T. J.; MCADAM, S. A. M.; JORDAN, G. J.; MARTINS, S. C. V. Conifer species adapt to low-rainfall climates by following one of two divergent pathways. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.

111, n. 40, 2014.

BRUNETTO, G.; GIROTTO, E.; TASSINARI, A.; KRUG, A. V.; MARQUES, A. C. R.; PAULA, B. V. DE; MARCHEZAN, C.; BETEMPS, D. L.; TRENTIN, E.; SILVA, I. B. DA; SILVA, L. O. S. DA; MELO, G. W. B. de. **Atualização sobre calagem e adubação em frutíferas**. Porto Alegre: NRS-SBCS: Gráfica e Editora RJR, 2020. 178 p.

CARLQUIST, S. Ecological Factors in Wood Evolution: A Floristic Approach. **American Journal of Botany**, v. 64, n. 7, 1977.

CARMONA, E. C.; TERRONE, C. C.; NASCIMENTO, J. M. de F.; ANGELIS, D. F. de. **IMPORTÂNCIA DA ÁGUA E SUAS PROPRIEDADES PARA A VIDA** 2016. Disponível em: <<https://conexaogua.mpf.mp.br/arquivos/artigos-cientificos/2016/09-importancia-da-agua-e-suas-propriedades-para-a-vida-1.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2021.

CHAVE, J.; COOMES, D.; JANSEN, S.; LEWIS, S. L.; SWENSON, N. G.; ZANNE, A. E. Towards a worldwide wood economics spectrum. **Ecology Letters**, v. 12, n. 4, p. 351–366, 2009.

CHOAT, B.; BRODRIBB, T. J.; BRODERSEN, C. R.; DUURSMA, R. A.; LÓPEZ, R.; MEDLYN, B. E. **Triggers of tree mortality under drought** *Nature*. 2018.

CHOAT, B.; CREEK, D.; LO GULLO, M. A.; NARDINI, A.; ODDO, E.; RAIMONDO, F.; SAVI, T.; TORRES-RUIZ, J. M.; TRIFILO, P.; VILAGROSA, A. **Quantification of vulnerability to xylem embolism: bench dehydration**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/282008335_PrometheusWiki_-_Quantification_of_vulnerability_to_xylem_embolism_-_Bench_dehydration>. Acesso em: 1 dez. 2021.

CHOAT, B.; JANSEN, S.; BRODRIBB, T. J.; COCHARD, H.; DELZON, S.; BHASKAR, R.; BUCCI, S. J.; FEILD, T. S.; GLEASON, S. M.; HACKE, U. G.; JACOBSEN, A. L.; LENS, F.; MAHERALI, H.; MARTÍNEZ-VILALTA, J.; MAYR, S.; MENCUCCINI, M.; MITCHELL, P. J.; NARDINI, A.; PITTERMANN, J.; PRATT, R. B.; SPERRY, J. S.; WESTOBY, M.; WRIGHT, I. J.; ZANNE, A. E. Global convergence in the vulnerability of forests to drought. **Nature**, v. 491, n. 7426, 2012.

CLARK, J. S.; IVERSON, L.; WOODALL, C. W.; ALLEN, C. D.; BELL, D. M.; BRAGG, D. C.; D'AMATO, A. W.; DAVIS, F. W.; HERSH, M. H.; IBANEZ, I.; JACKSON, S. T.; MATTHEWS, S.; PEDERSON, N.; PETERS, M.; SCHWARTZ, M.

W.; WARING, K. M.; ZIMMERMANN, N. E. **The impacts of increasing drought on forest dynamics, structure, and biodiversity in the United States** *Global change biology* 2016.

CLAVERIE, M.; LECOMTE, P.; DELORME, G.; DUMOT, V.; JACQUET, O.; COCHARD, H. Xylem water transport is influenced by age and winter pruning characteristics in grapevine (*Vitis vinifera*). **Oeno One**, v. 57, n. 3, 2023.

COCHARD, H. L'embolie estivale et hivernale: données actuelles et mécanismes, in: Cruziat P. (Ed.), L'eau dans la vie de l'arbre, 14–15/04/94. In: Séminaire du Groupe d'Étude de l'Arbre, 1995, Clermont-Ferrand Theix. [...]. Clermont-Ferrand Theix: Inra-PIAF, 1995. p. 67–97.

COCHARD, H.; CRUZIAT, P.; TYREE, M. T. Use of positive pressures to establish vulnerability curves: Further support for the air-seeding hypothesis and implications for pressure-volume analysis. **Plant Physiology**, v. 100, n. 1, 1992.

COI - COMITÊ OLIVÍCOLA INTERNACIONAL. **Figures**. Disponível em: <<https://www.internationaloliveoil.org/wp-content/uploads/2021/02/IOC-Import-profiles-Brazil-2019-20-rev0.html>>. Acesso em: 10 dez. 2021.

CONNOR, D. J.; FERERES, E. **The physiology os adaptation and yield expression in olive**. Liechtenstein: Wiley, 2005. v. 31.155–229 p.

COURBET, F.; DOUSSAN, C.; LIMOUSIN, J.-M.; MARTIN-STPAUL, N.; SIMIONI, G. **Forêts et changement climatique**. 1. ed. Versailles: éditions Quae, 2022. 144 p.

COUTINHO, E. F.; JORGE, R. O. Botânica e Morfologia da Oliveira. In: COUTINHO, E. F. **A cultura da Oliveira**. 1. ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. p. 19–30.

COUTINHO, E. F.; FLORES, C. A.; HAERTER, J. A.; ALBA, J. M.; WREGE, M. S.; JORGE, R. O.; COSTA, V. B. Oliveira- Aspectos técnicos e cultivo no Sul do Brasil. **Journal of Chemical Information and Modeling**, v. 53, n. 9, 2015.

COUTINHO, E. F.; JORGE, R. O. Olivicultura: mundo e Brasil. In: FILIPPINI ALBA, J. M.; FLORES, C. A.; WREGE, M. S. **Zoneamento edafoclimático da olivicultura para o Rio Grande do Sul**. Brasília: Embrapa, 2013. p. 9–10.

COUTINHO, E. F.; RIBEIRO, F. C.; CAPPELLARO, T. H. **Cultivo de oliveira (*Olea europaea* L.)**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 125 p.

CROMBIE, D.; HIPKINS, M.; MILBURN, J. Gas Penetration of Pit Membranes in the Xylem of *Rhododendron* as the Cause of Acoustically Detectable Sap Cavitation. **Functional Plant Biology**, v. 12, n. 5, 1985.

CRUIZIAT, P.; COCHARD, H.; AMÉGLIO, T. Hydraulic architecture of trees: main concepts and results. **Annals of Forest Science**, v. 59, n. 7, p. 723–752, nov. 2002. Disponível em: <<http://www.edpsciences.org/10.1051/forest:2002060>>. Acesso em: 15 nov. 2021.

CRUZ, M. C. M.; OLIVEIRA, D. L.; CHALFUN, N. N. L. J. Botânica, anatomia e ecofisiologia. In: OLIVEIRA, A. F. **Oliveira no Brasil: tecnologia de produção**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2012. p. 118–157.

DE SOUZA, J. D.; DA SILVA, B. B.; CEBALLOS, J. C. Estimativa da radiação solar global à superfície usando um modelo estocástico: Caso sem nuvens. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 26, n. 1, 2008.

DICHIO, B.; MONTANARO, G.; SOFO, A.; XILOYANNIS, C. Stem and whole-plant hydraulics in olive (*Olea europaea*) and kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). **Trees - Structure and Function**, v. 27, n. 1, 2013.

DIXON, H. H.; JOLY, J. On the Ascent of Sap. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B**, v. 186, p. 563–576, 14 out. 1895. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/91804>>. Acesso em: 16 nov. 2021.

EDZIRI, H.; CHEHAB, H.; AISSAOUI, F.; BOUJNAH, D.; MASTOURI, M. Photosynthetic, anatomical and biochemical responses of olive tree (*Olea europaea*) cultivars under water stress. **Plant Biosystems**, v. 155, n. 4, 2021.

EMBRAPA. **ARBEQUINA: cultivar de oliveira de ciclo precoce destinada à produção de azeite, na região Sul do Brasil**. Pelotas. Embrapa Clima Temperado, 2012. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/928170/1/folderoliveiraaarbequina.pdf>>. Acesso em: 3 dez. 2021.

EMBRAPA. **PICUAL: Cultivar de oliveira ciclo precoce destinada à produção de azeite**. Pelotas. Embrapa Clima Temperado, 2016. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/163585/1/Folder-PICUAL.pdf>>. Acesso em: 3 dez. 2021.

ENNAJEH, M.; SIMÕES, F.; KHEMIRA, H.; COCHARD, H. How reliable is the double-ended pressure sleeve technique for assessing xylem vulnerability to cavitation in woody angiosperms? **Physiologia Plantarum**, v. 142, n. 3, 2011.

EWERS, F. W.; CRUIZIAT, P. Measuring water transport and storage. *In*: LASSOIE, J. P.; HINCKLEY, T. M. **Techniques and approaches in forest tree ecophysiology**. 1. ed. Florida: CRC Press, 1991. p. 91–115.

EZIZ, A.; YAN, Z.; TIAN, D.; HAN, W.; TANG, Z.; FANG, J. Drought effect on plant biomass allocation: A meta-analysis. **Ecology and Evolution**, v. 7, n. 24, 2017.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E.; FORTES, G. R. de L. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. 2. ed. Pelotas: UFPel, 1995. 178 p.

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat>>. Acesso em: 2 dez. 2023.

FERREYRA, R. E.; SELLÉS, G. **MANEJO DEL RIEGO EN CONDICIONES DE RESTRICCIÓN HIDRICA**. Santiago: Centro Regional de Investigación La Platina (Santiago), 1997. 38 p.

FICK, A. Ueber Diffusion. **Annalen der Physik**, v. 170, n. 1, p. 59–86, 1855.

GARCIA, C. H. Tabelas para classificação do coeficiente De variação. **IPEF - Instituto de pesquisas e estudos florestais - Circular técnica**, n. 171, 1989.

GHRAB, M.; GARGOURI, K.; BENTAHER, H.; CHARTZOULAKIS, K.; AYADI, M.; BEN MIMOUN, M.; MASMOUDI, M. M.; BEN MECHLIA, N.; PSARRAS, G. Water relations and yield of olive tree (cv. Chemlali) in response to partial root-zone drying (PRD) irrigation technique and salinity under arid climate. **Agricultural Water Management**, v. 123, 2013.

GIORIO, P.; SORRENTINO, G.; D'ANDRIA, R. Stomatal behaviour, leaf water status and photosynthetic response in field-grown olive trees under water deficit. **Environmental and Experimental Botany**, v. 42, n. 2, 1999.

GOMES, P. A. **Olivicultura no Brasil**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1979.

GRADMANN, H. **Untersuchungen über die Wasserverhältnisse des Bodens als**

Grundlage des Pflanzenwachstums. 1. ed. Berlin: Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, 1928. 100 p.

GROMPONE, M. A.; VILLAMIL, J. **Aceites de oliva: de la planta al consumidor.** 1. ed. Montevideo, UY: Hemisferio Sur/INIA, 2013. 230 p.

GUERRERO, A. **Nueva Olivicultura.** 5. ed. Madri: Mundi-Prensa, 2003. 304 p.

HAJEK, P.; LINK, R. M.; NOCK, C. A.; BAUHUS, J.; GEBAUER, T.; GESSLER, A.; KOVACH, K.; MESSIER, C.; PAQUETTE, A.; SAURER, M.; SCHERER-LORENZEN, M.; ROSE, L.; SCHULDT, B. Mutually inclusive mechanisms of drought-induced tree mortality. **Global Change Biology**, v. 28, n. 10, 2022.

HOPKINS, W. G. **Introduction to plant physiology.** New York: John Wiley & Sons, 1995. 464 p.

HOUSHMANDFAR, A.; FITZGERALD, G. J.; TAUSZ, M. Elevated CO₂ decreases both transpiration flow and concentrations of Ca and Mg in the xylem sap of wheat. **Journal of Plant Physiology**, v. 174, 2015.

ILARIONI, L.; NASINI, L.; BRUNORI, A.; PROIETTI, P. Experimental measurement of the biomass of *Olea europaea* L. **African Journal of Biotechnology**, v. 12, n. 11, 2013.

IRGA. **Instituto Rio Grandense do Arroz.** Disponível em: <<https://irga.rs.gov.br/precipitacao-deve-ficar-abaixo-da-media-no-rs-pelo-menos-ate-dezembro>>. Acesso em: 2 set. 2022.

KELLER, M.; MILLS, L. J.; HARBERTSON, J. F. Rootstock effects on deficit-irrigated winegrapes in a dry climate: Vigor, yield formation, and fruit ripening. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 63, n. 1, 2012.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 431 p.

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

LENS, F.; TIXIER, A.; COCHARD, H.; SPERRY, J. S.; JANSEN, S.; HERBETTE, S. Embolism resistance as a key mechanism to understand adaptive plant strategies. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 16, n. 3, p. 287–292, jun. 2013. Disponível em:

<<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S136952661300023X>>. Acesso em: 16 out. 2022.

LEWIS, A. M.; HARNDEN, V. D.; TYREE, M. T. Collapse of water-stress emboli in the tracheids of *Thuja occidentalis* L. **Plant Physiology**, v. 106, n. 4, 1994.

LI, R.; ZHU, S.; CHEN, H. Y. H.; JOHN, R.; ZHOU, G.; ZHANG, D.; ZHANG, Q.; YE, Q. Are functional traits a good predictor of global change impacts on tree species abundance dynamics in a subtropical forest? **Ecology Letters**, v. 18, n. 11, 2015.

LIU, D. L.; SCOTT, B. J. Estimation of solar radiation in Australia from rainfall and temperature observations. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 106, n. 1, 2001.

LOUSSERT, R.; BROUSSE, G. Manual de procesamiento experimental de aceituna de mesa. *In: El Olivo*. 6. ed. Madri: Mundi-Prensa, 1990. p. 533.

MACKAY, J. F. G.; WEATHERLEY, P. E. The effects of transverse cuts through the stems of transpiring woody plants on water transport and stress in the leaves. **Journal of Experimental Botany**, v. 24, n. 1, 1973.

MARTINS, G. S.; FREITAS, N. C.; MÁXIMO, W. P. F.; PAIVA, L. V. Gene expression in two contrasting hybrid clones of *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus urophylla* grown under water deficit conditions. **Journal of Plant Physiology**, v. 229, 2018.

NAVARRO, C.; PARRA, M. Á. Plantación. *In: BARRANCO, D.; FERNÁNDEZ ESCOBAR, R.; RALLO, L. El cultivo del olivo*. 6. ed. Madri: Mundi-Prensa, 2008. p. 189–238.

NETO, J. V.; BARBOSA, C.; TORRES, É. M.; ESTRELA, C. Boxplot : Um Recurso Gráfico Para a Análise E Interpretação De Dados Quantitativos Boxplot : a Visual Resource for Analysis and Interpretation of Quantitative Data. **Rev. Odontol. Bras. Central**, v. 26, n. 76, 2017.

NOBEL, P. S. **Physicochemical and environmental plant physiology**. New York: Academic Press, 1999. 474 p.

NOLAN, R. H.; GAUTHEY, A.; LOSSO, A.; MEDLYN, B. E.; SMITH, R.; CHHAJED, S. S.; FULLER, K.; SONG, M.; LI, X.; BEAUMONT, L. J.; BOER, M. M.; WRIGHT, I. J.; CHOAT, B. Hydraulic failure and tree size linked with canopy die-back in eucalypt forest during extreme drought. **New Phytologist**, v. 230, n. 4, 2021.

OGASA, M.; MIKI, N. H.; MURAKAMI, Y.; YOSHIKAWA, K. Recovery performance in xylem hydraulic conductivity is correlated with cavitation resistance for temperate deciduous tree species. **Tree Physiology**, v. 33, n. 4, 2013.

OLIVE TREE ROUTE. **Olive tree Origin-el**. Disponível em: <https://olivetreeroute.gr/more-el/olive_med-el/olivetree-origin-el/>. Acesso em: 2 dez. 2021.

ORGAZ, F.; FEDERES, E. Riego. *In*: BARRANCO, D.; ESCOBAR, R. F.; RALLO, L. **El cultivo del olivo**. 6. ed. Madri: Mundi-Prensa, 2008. p. 337–362.

PEIXOTO, C. P. **Princípios de Fisiologia Vegetal: Teoria & Prática**. 1. ed. Rio de Janeiro: Pod, 2020. 256 p.

PICKARD, W. F. **The ascent of sap in plants****Progress in Biophysics and Molecular Biology**1981.

PIMENTEL, C. **A Relação da Planta com a Água**. Seropédica: Edur, RJ, 2004. v. 1,191 p.

POORTER, L.; MCDONALD, I.; ALARCÓN, A.; FICHTLER, E.; LICONA, J. C.; PEÑA-CLAROS, M.; STERCK, F.; VILLEGAS, Z.; SASS-KLAASSEN, U. The importance of wood traits and hydraulic conductance for the performance and life history strategies of 42 rainforest tree species. **New Phytologist**, v. 185, n. 2, 2010.

PRO-OLIVA. **Programa Estadual de Desenvolvimento da Olivicultura**. Disponível em: <www.agricultura.rs.gov.br/pro-oliva>. Acesso em: 2 set. 2023.

PUPIN, S.; ZARUMA, D. U. G.; DE SOUZA, C. S.; CAMBUIM, J.; COLETO, A. L.; ALVES, P. F.; PAVAN, B. E.; DE MORAES, M. L. T. Genetic parameters for growth traits, bark thickness and basic density of wood in progenies of *Eucalyptus urophylla* ST Blake. **SCIENTIA FORESTALIS**, v. 45, n. 115, 2017.

PUTNAM, A. E.; BROECKER, W. S. **Human-induced changes in the distribution of rainfall****Science Advances**2017.

RAJPUT, V. D.; YANING, C.; AYUP, M.; MINKINA, T.; SUSHKOVA, S.; MANDZHIEVA, S. Physiological and hydrological changes in *Populus euphratica* seedlings under salinity stress. **Acta Ecologica Sinica**, v. 37, n. 4, 2017.

RALLO, L. “Variedades, mejora y propagación del olivo”. (D. Barranco, R. F. Escobar, L. Rallo) In: Congreso Nacional de Viveros de Vid, Olivo y Frutales de Hoja Caduca, 2011, Mendonça (Argentina). [...]. Mendonça (Argentina): 2011.

RAPOPORT, H. F. Botánica y morfología. In: BARRANCO, D.; FERNÁNDEZ ESCOBAR, R.; RALLO, L. **El cultivo de olivo**. 5. ed. Madri: Mundi-Prensa, 2004. p. 37–62.

RASBAND 1997-2023, W. S. **ImageJ**. Bethesda, Maryland, USA. U.S. National Institutes of Health, [s.d.] Disponível em: <<https://imagej.nih.gov/ij/>>. Acesso em: 10 dez. 2021.

REISSER JÚNIOR, C. **Alterações físicas em ambientes de estufa plástica e seus efeitos sobre as condições hídricas e o crescimento do tomateiro**. 2002. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Agronomia, 2002. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/1808/000358297.pdf>>. Acesso em: 3 dez. 2021.

RIBEIRO, A. V. A. P. **Simplificação do processo de multiplicação in vitro da oliveira “*Olea europaea* L.”** 2016. UNIVERSIDADE DE ÉVORA, Évora, 2016. Disponível em: <http://rdpc.uevora.pt/bitstream/10174/20702/1/Augusto_V_Ribeiro_-_Tese_mestrado.pdf>. Acesso em: 6 abr. 2022.

RITMAN, K. T.; MILBURN, J. A. Acoustic emissions from plants: Ultrasonic and audible compared. **Journal of Experimental Botany**, v. 39, n. 9, 1988.

ROACH, W. A. Plant injection as a physiological method. **Annals of Botany**, v. 3, n. 1, 1939.

RODRIGUES, M. A.; CORREIA, C. M. **Manual da safra e contra safra do olival**. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança, 2009. 113 p.

RODRIGUEZ-ARIAS, J. H.; HALL, C. W.; BAKKER-ARKEMA, F. W. Heat of vaporization for shelled corn. **Cereal Chem**, v. 40, n. 6, p. 676, 1963. Disponível em: <https://www.cerealsgrains.org/publications/cc/backissues/1963/Documents/Chem40_676.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2022.

SANTAROSA, E.; DE SOUZA, P. V. D.; MARIATH, J. E. de A.; LOUROSOSA, G. V. Physiological interaction between rootstock-scion: Effects on xylem vessels in cabernet

sauvignon and merlot grapevines. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 67, n. 1, 2016.

SANTOS, F.; ALEXANDRE, C.; COELHO, R. Relações Solo-Água-Planta. In: SHAHIDIAN, S.; GUIMARÃES, R.; RODRIGUES, C. **Hidrologia Agrícola**. 2. ed. Évora: ICAAM - Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas, Escola de Ciência e Tecnologia. Universidade de Évora, 2017. p. 155–213.

SAVI, T.; CASOLO, V.; LUGLIO, J.; BERTUZZI, S.; TRIFILO', P.; LO GULLO, M. A.; NARDINI, A. Species-specific reversal of stem xylem embolism after a prolonged drought correlates to endpoint concentration of soluble sugars. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 106, 2016.

SCHOLZ, A.; KLEPSCH, M.; KARIMI, Z.; JANSEN, S. How to quantify conduits in wood? **Frontiers in Plant Science**, v. 4, n. MAR, 2013. Disponível em: <<http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpls.2013.00056/abstract>>. Acesso em: 3 mar. 2022.

SPERLICH, D.; BARBETA, A.; OGAYA, R.; SABATÉ, S.; PEÑUELAS, J. Balance between carbon gain and loss under long-term drought: Impacts on foliar respiration and photosynthesis in *Quercus ilex* L. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, n. 3, 2016.

SPERRY, J. S.; DONNELLY, J. R.; TYREE, M. T. A method for measuring hydraulic conductivity and embolism in xylem. **Plant, Cell & Environment**, v. 11, n. 1, 1988.

SPERRY, J. S.; SULLIVAN, J. E. M. Xylem embolism in response to freeze-thaw cycles and water stress in ring-porous, diffuse-porous, and conifer species. **Plant Physiology**, v. 100, n. 2, 1992.

SPERRY, J. S.; TYREE, M. T. Mechanism of Water Stress-Induced Xylem Embolism. **Plant Physiology**, v. 88, n. 3, 1988.

SUTKA, M.; LI, G.; BOUDET, J.; BOURSIAC, Y.; DOUMAS, P.; MAUREL, C. Natural variation of root hydraulics in *Arabidopsis* grown in normal and salt-stressed conditions. **Plant Physiology**, v. 155, n. 3, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2017. 888 p.

TAPIA, F.; ASTORGA P., M.; IBACACHE G., A.; MARTÍNEZ B., L.; SIERRA B., C.;

QUIROZ E., C.; LARRAÍN S., P.; RIVEROS B., F. **Manual del cultivo del olivo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi.** La Serena, Chile: Boletín INIA N° 101, 2003. 128 p.

TEARE, I. D.; PEET, M. M. **Crop-water relations.** New York SE - x, 547 pages : illustrations ; 24 cm: Wiley New York, 1983.

TORRES-RUIZ, J. M.; COCHARD, H.; MAYR, S.; BEIKIRCHER, B.; DIAZ-ESPEJO, A.; RODRIGUEZ-DOMINGUEZ, C. M.; BADEL, E.; FERNÁNDEZ, J. E. Vulnerability to cavitation in *Olea europaea* current-year shoots: Further evidence of an open-vessel artifact associated with centrifuge and air-injection techniques. **Physiologia Plantarum**, v. 152, n. 3, 2014.

TORRES-RUIZ, J. M.; DIAZ-ESPEJO, A.; CHAMORRO, V.; FERNÁNDEZ, J. E.; SEBASTIANI, L.; MINNOCCI, A.; INFANTE, J. M. INFLUENCE OF THE WATER TREATMENT ON THE XYLEM ANATOMY AND FUNCTIONALITY OF CURRENT YEAR SHOOTS OF OLIVE TREES. **Acta Horticulturae**, v. 922, n. 922, p. 203–208, dez. 2011. Disponível em: <https://www.actahort.org/books/922/922_26.htm>. Acesso em: 23 nov. 2021.

TORRES-RUIZ, J. M.; DIAZ-ESPEJO, A.; MORALES-SILLERO, A.; MARTÍN-PALOMO, M. J.; MAYR, S.; BEIKIRCHER, B.; FERNÁNDEZ, J. E. Shoot hydraulic characteristics, plant water status and stomatal response in olive trees under different soil water conditions. **Plant and Soil**, v. 373, n. 1–2, 2013.

TRIFILÒ, P.; KIORAPOSTOULOU, N.; PETRUZZELLIS, F.; VITTI, S.; PETIT, G.; LO GULLO, M. A.; NARDINI, A.; CASOLO, V. Hydraulic recovery from xylem embolism in excised branches of twelve woody species: Relationships with parenchyma cells and non-structural carbohydrates. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 139, 2019.

TRIFILÒ, P.; NARDINI, A.; GULLO, M. A. L.; BARBERA, P. M.; SAVI, T.; RAIMONDO, F. Diurnal changes in embolism rate in nine dry forest trees: Relationships with species-specific xylem vulnerability, hydraulic strategy and wood traits. **Tree Physiology**, v. 35, n. 7, 2015.

TYREE, M.; COCHARD, H. Summer and winter embolism in oak: impact on water relations. **Annales des Sciences Forestières**, v. 53, n. 2–3, 1996.

TYREE, M. E.; ZIMMERMANN, M. H. Xylem Structure and the Ascent of Sap (Second

Edition). **Springer Verlag**, 2002.

TYREE, M. T. **The Cohesion-Tension theory of sap ascent: Current controversies***Journal of Experimental Botany*. 1997.

TYREE, M. T. Hydraulic limits on tree performance: Transpiration, carbon gain and growth of trees. **Trees - Structure and Function**, v. 17, n. 2, 2003.

TYREE, M. T.; DAVIS, S. D.; COCHARD, H. **Biophysical perspectives of xylem evolution: Is there a tradeoff of hydraulic efficiency for vulnerability to dysfunction?** **IAWA Journal**. 1994.

TYREE, M. T.; DIXON, M. A. Cavitation Events in *Thuja occidentalis* L.: Ultrasonic Acoustic Emissions from the Sapwood Can Be Measured. **Plant Physiology**, v. 72, n. 1983, 1983.

TYREE, M. T.; EWERS, F. W. The hydraulic architecture of trees and other woody plants. **New Phytologist**, v. 119, n. 3, 1991.

TYREE, M. T.; SPERRY, J. S. Vulnerability of Xylem to Cavitation and Embolism. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 40, n. 1, 1989.

VAN DEN HONERT, T. H. **Water transport in plants as a catenary process***Discussions of the Faraday Society*. 1948.

VAN ZEIST, W.; BOTTEMA, S. A palynological study of the Acheulian site of Gesher Benot Ya'aqov, Israel. **Vegetation History and Archaeobotany**, v. 18, n. 2, 2009.

VILLA NOVA, N. A. **Principais métodos climáticos de estimativa de aplicação de água de irrigação**. Piracicaba: ESALQ - Departamento de Física e Meteorologia, 1987. 22 p.

WANG, N.; BRENNAN, J. G. Moisture sorption isotherm characteristics of potatoes at four temperatures. **Journal of Food Engineering**, v. 14, n. 4, 1991.

WREGE, M. S.; COUTINHO, E. F.; STEINMETZ, S.; REISSER JÚNIOR, C.; ALMEIDA, I. R. de; MATZENAUER, R.; RADIN, B. **Zoneamento agroclimático para oliveira no Estado do Rio Grande do Sul**. 1. ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 24 p.

ZHUANG, J.; YU, G. R.; NAKAYAMA, K. A series RCL circuit theory for analyzing

non-steady-state water uptake of maize plants. **Scientific Reports**, v. 4, 2014.