



**MAYRON MARTINS**

**ANATOMIA DO ENRAIZAMENTO ADVENTÍCIO DE  
ESTACAS CAULINARES DE *Olea europaea* L.**

**LAVRAS-MG**

**2020**

**MAYRON MARTINS**

**ANATOMIA DO ENRAIZAMENTO ADVENTÍCIO DE ESTACAS  
CAULINARES DE *Olea europaea* L.**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Botânica Aplicada, área de concentração em Biologia, para a obtenção do título de Doutor.

Prof. Dr. Rafael Pio DAG/UFLA  
Orientador  
Prof. Dr. Thiago Alves Magalhães DBI/UFLA  
Coorientador

**LAVRAS – MG  
2020**

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

Martins, Mayron.

Anatomia do enraizamento adventício de estacas  
caulinares de *Olea europaea* L. / Mayron Martins - 2020.  
38 p. : il.

Orientador: Rafael Pio

Coorientador: Thiago Alves Magalhães

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2020.

Bibliografia.

1. Oliveira. 2. Enraizamento adventício. 3. Barreiras  
anatômicas. I. Pio, Rafael. II. Magalhães, Thiago Alves. III.  
Título.

**MAYRON MARTINS**

**ANATOMIA DO ENRAIZAMENTO ADVENTÍCIO DE ESTACAS  
CAULINARES DE *Olea europaea* L.  
ANATOMY OF ADVENTIC ROOTING OF CAULINARY CUTTINGS FROM  
*Olea europaea* L.**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Botânica Aplicada, área de concentração em Biologia, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 16 de setembro de 2020.

Dr. Evaristo Mauro de Castro	UFLA
Dr. Thiago Alves Magalhães	UFLA
Dra. Carolina Ruiz Zambon	EPAMIG
Dra. Paula Nogueira Curi	UFLA

Prof. Dr. Rafael Pio  
Orientador

Prof. Dr. Thiago Alves Magalhães  
Coorientador

**LAVRAS – MG**

**2020**

*À minha mãe, Joana D'arc, fonte inesgotável de amor e exemplo de humildade, honestidade, força e perseverança.*

*Aos companheiros e companheiras que combatem diariamente a lenda da meritocracia tupiniquim, o autoritarismo e o obscurantismo em nossa sociedade e em suas instituições públicas.*

*Aos colegas que buscam, de forma resistente, por educação e ciência democráticas, inclusivas, públicas, gratuitas e de qualidade.*

*Dedico.*

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio parcial da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

À secretaria e à coordenação do Programa de Pós-graduação em Botânica Aplicada pela dedicação, acolhimento e apoio.

Aos funcionários responsáveis pela limpeza e técnicos lotados no Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras, por proporcionarem um ambiente propício à realização deste trabalho.

Ao orientador Rafael Pio, ao coorientador Thiago Alves Magalhães e ao pós-doutorando Pedro Maranha Peche pelos ensinamentos, parceria e ajuda.

A todos professores que, de forma honrosa, paciente e dedicada, compartilharam seus conhecimentos e experiências.

A todos dos laboratórios de Anatomia Vegetal e de Pomologia da Universidade Federal de Lavras, que contribuíram de forma efetiva para a realização deste trabalho.

Aos colegas e amigos, presentes ou ausentes, pelo apoio e compreensão.

À toda equipe do Centro Espírita Seara do Mestre, pelo auxílio em momentos confusos.

À minha irmã Milaine, pelo cuidado, dedicação e carinho de sempre com todos de nossa família.

À minha mãe Joana D'arc, pelo amor, afeto e incentivo incondicionais e por nunca ter desistido de mim.

Muito obrigado a todos e todas!

## RESUMO

O Brasil é um dos maiores importadores de azeite de oliva, devido à dimensão populacional do país e à insuficiência na produção nacional de azeitonas. Nos últimos anos, iniciou-se a produção nacional de azeitonas, em olivais localizados na região Sul do país e na serra da Mantiqueira. Pelas características climáticas distintas dessas duas regiões, principalmente em relação ao Mediterrâneo, as cultivares para a exploração são distintas e, até o momento, poucas produzem frutos com regularidade, principalmente nas regiões subtropicais da Serra da Mantiqueira. Outro fator limitante à expansão da olivicultura é a produção de mudas em larga escala, haja visto que as cultivares de oliveira que vêm sendo utilizadas no Brasil possuem baixa capacidade de enraizamento de suas estacas. Neste sentido, objetivou-se com este trabalho, analisar por uma perspectiva fitotécnica e anatômica, o enraizamento adventício em estacas caulinares semilenhosas de diferentes cultivares de *Olea europaea* L.. Para tanto, analisou-se características fitotécnicas e anatômicas de estacas semilenhosas de quatro cultivares de oliveira tratadas com AIB (3000 ppm) e mantidas em substrato vermiculita em câmara de nebulização intermitente em período experimental de 60 dias. Verificou-se o local de origem dos primórdios radiculares. Avaliou-se a porcentagem de enraizamento e de calogênese das estacas, a espessura de floema e de córtex, além da espessura e espaçamento do anel de esclerênquima. A correlação entre características fitotécnicas e anatômicas também foi avaliada. Realizou-se testes histoquímicos para detectar a presença de compostos fenólicos na região de fermento das estacas. As cultivares apresentaram respostas diferentes quanto ao percentual de enraizamento, sendo a cultivar Santa Catalina a que apresentou maior percentual de estacas enraizadas e menor percentual de estacas calejadas quando comparada às demais cultivares. Espessuras de córtex, floema e de anel de esclerênquima, bem como o espaçamento desta estrutura não influenciam no processo de enraizamento. Houve correlação forte e negativa entre os percentuais de estacas enraizadas e de estacas calejadas. Compostos fenólicos foram detectados em células do câmbio. As respostas distintas entre as estacas de oliveira acerca do enraizamento adventício demonstram que as cultivares têm exigências de diferentes cofatores influentes neste processo. Processo este que não sofre influência direta de estruturas anatômicas, que são apenas obstáculos a mais a serem ultrapassados pela recém formada raiz ao emergir. Quanto maior o percentual de calogênese, menor o percentual estacas enraizadas. Confirma-se a presença de compostos na região basal das estacas e atenta-se para a presença dos compostos fenólicos em células do câmbio, local de origem dos primórdios radiculares em estacas das cultivares estudadas, uma vez que estes estão relacionados à síntese de auxina.

**Palavras-chave:** Oliveira; Enraizamento adventício; Barreiras anatômicas.

## ABSTRACT

Brazil is one of the largest importers of olive oil, due to the country's population size and insufficient national production of olives. In recent years, the national production of olives has started, in olive groves located in the south of the country and in the Serra da Mantiqueira. Due to the distinct climatic characteristics of these two regions, especially in relation to the Mediterranean, cultivars for exploration are distinct and, until now, few produce fruit regularly, mainly in the subtropical regions of Serra da Mantiqueira. Another limiting factor for the expansion of olive cultivation is the production of seedlings on a large scale, given that the olive cultivars that have been used in Brazil have low rooting capacity for their cuttings. In this sense, the objective of this work was to analyze, from a phytotechnical and anatomical perspective, the adventitious rooting in semi-hardwood stem cuttings of different cultivars of *Olea europaea* L.. For this purpose, we analyzed phytotechnical and anatomical characteristics of semi hardwood cuttings from four cultivars olive trees treated with IBA (3000 ppm) and maintained on vermiculite substrate in an intermittent nebulization chamber for a 60-day experimental period. The place of origin of the early roots was verified. The percentage of rooting and callogenesis of the cuttings, the thickness of phloem and cortex, as well as the thickness and spacing of the sclerenchyma ring were evaluated. The correlation between phytotechnical and anatomical characteristics was also assessed. Histochemical tests were carried out to detect the presence of phenolic compounds in the wound region of the cuttings. The cultivars showed different responses regarding the rooting percentage, with the Santa Catalina cultivar having the highest percentage of rooted cuttings and the lowest percentage of hardened cuttings when compared to the other cultivars. Thicknesses of cortex, phloem and sclerenchyma ring, as well as the spacing of this structure do not influence the rooting process. There was a strong and negative correlation between the percentages of rooted cuttings and hardened cuttings. Phenolic compounds were detected in exchange cells. The different responses among olive cuttings about adventitious rooting demonstrate that the cultivars have different requirements for influential factors in this process. This process is not directly influenced by anatomical structures, which are just more obstacles to be overcome by the newly formed root when emerging. The higher the percentage of callogenesis, the lower the percentage of rooted cuttings. The presence of compounds in the basal region of the cuttings is confirmed and attention is paid to the presence of phenolic compounds in cambium cells, the place of origin of the early roots in cuttings of the studied cultivars, since these are related to the synthesis of auxin.

**Keywords:** Oliveira; Adventitious rooting; Anatomical barriers.

## SUMÁRIO

<b>PRIMEIRA PARTE</b>		
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>09</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>10</b>
2.1	Botânica e descrição da oliveira ( <i>Olea europaea</i> L.).....	10
2.2	A importância econômica das oliveiras.....	11
2.3	A olivicultura em regiões de clima subtropical.....	11
2.4	Propagação da oliveira.....	13
2.5	Anatomia do enraizamento adventício em estacas de oliveira .....	14
2.6	Deposição de compostos na região de regeneração das estacas.....	14
<b>3</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>15</b>
<b>SEGUNDA PARTE</b>		
	<b>ARTIGO - ANÁLISE FITOTÉCNICA E ANATÔMICA DO ENRAIZAMENTO DE ESTACAS CAULINARES DE OLIVEIRA SUBMETIDAS À ESTAQUIA.....</b>	<b>19</b>
	<b>RESUMO.....</b>	<b>19</b>
	<b>ABSTRACT.....</b>	<b>20</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>21</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>22</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>24</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>34</b>
<b>5</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>34</b>
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>38</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A oliveira (*Olea europaea* L.) é considerada uma das plantas mais antigas cultivadas pelo homem. É explorada mundialmente para a produção de azeitonas, destinadas à confeição de conservas, em dois seguimentos: azeitonas verdes, quando os frutos são colhidos imaturos e azeitonas pretas ou roxas, quando os frutos são colhidos maduros.

O principal objetivo de exploração da oliveira é para a extração do azeite de oliva das azeitonas. O Brasil é um dos maiores importadores deste produto, devido à dimensão populacional do país e à insuficiência na produção nacional de azeitonas. Essa insuficiência está relacionada à limitação de cultivares que se adéquem à exploração racional fora do centro de origem das oliveiras e do Mediterrâneo, onde a oliveira possui cultivo milenar, com tecnologias e cultivares desenvolvidas para esta condição edafoclimática.

Nos últimos anos, iniciou-se a produção brasileira de azeitonas, em olivais localizados no Rio Grande do Sul e na Serra da Mantiqueira, principalmente no Sul do estado de Minas Gerais. Pelas características climáticas distintas destas duas regiões, principalmente em relação ao Mediterrâneo, as cultivares para a exploração são distintas e até o momento, poucas produzem frutos com regularidade, principalmente nas regiões subtropicais da Serra da Mantiqueira. Cultivares como Santa Catalina, Maria da Fé, Ascolano 315 e Grappolo 541 apresentam diferentes características e direcionamento de produção e vêm sendo utilizadas em estudos e implantações de olivais com intuito de obtenção de melhorias de produtividade.

Outro fator limitante para a expansão brasileira do cultivo de oliveiras é a produção de mudas em larga escala, haja visto que as cultivares que vêm sendo utilizadas no Brasil possuem baixa capacidade de enraizamento de suas estacas. Como o crescimento dos ramos das oliveiras é lento e a capacidade rizogênica das estacas é baixa, o rendimento da produção de mudas é um dos fatores limitantes à expansão da olivicultura.

Na tentativa de aumentar a taxa de enraizamento das estacas, uma série de trabalhos com estaquia das principais cultivares de oliveira exploradas no Brasil foram realizados. Já é consenso entre pesquisadores que as estacas devem ser coletadas em abril ou agosto, preparadas com aproximadamente 12 cm de comprimento e quatro a seis internódios, com quatro folhas inteiras na região apical, tratadas com solução hidroalcoólica de ácido indolbutírico (AIB), na concentração de 3g L<sup>-1</sup> (Oliveira et al., 2012a).

Entretanto, ainda não está bem definido a influência, entre outros fatores, da presença de barreiras anatômicas e de compostos na região de regeneração de estacas semilenhosas de oliveira, no processo de enraizamento adventício

Neste sentido, objetivou-se com este trabalho, analisar por uma perspectiva fitotécnica e anatômica, o enraizamento adventício em estacas caulinares semilenhosas de diferentes cultivares de *Olea europaea* L..

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Botânica e descrição da oliveira (*Olea europaea* L.)**

A oliveira (*Olea europaea* L.) pertencente à família Oleaceae, é uma árvore de tamanho médio e de formato arredondado. Exibe polimorfismo, com duas fases bem distintas de desenvolvimento: a juvenil e a adulta (RALLO, 1998).

Na fase juvenil a oliveira não emite flores nem frutos, apresentando folhas mais curtas e grossas e entrenós dos ramos menores. Na fase adulta a planta atinge seu potencial produtivo, sendo as folhas maiores e delgadas e os entrenós de maior comprimento em relação à fase juvenil (RAPOPORT, 2008).

As folhas adultas são simples e de forma elíptica, elíptica-lanceolada ou lanceolada, com comprimento variando de 5,0 a 7,0 cm e largura de 1,0 a 1,5 cm. A face adaxial geralmente apresenta uma cor verde escura brilhante, devido à existência de cutícula sem a presença de estômatos, enquanto que a região abaxial é de cor esbranquiçada devido, em parte, à presença de tricomas, (CRUZ, et al., 2012).

A inflorescência é paniculada, apresentando ramificações desde o eixo central que, por sua vez, podem também estar ramificadas. Estas situam-se nas axilas foliares de crescimento vegetativo do ano anterior (RALLO, 1998).

A flor é constituída por quatro sépalas verdes soldadas, formando o cálice e por quatro pétalas brancas, também soldadas pela base, que formam a corola. Trata-se de uma flor actinomorfa com simetria regular. Apresenta dois estames que se inserem pela base da corola com disposição oposta e são constituídos por filamento e antera de cor amarela, dividida em dois lóbulos onde estão localizados os grãos de pólen. No centro da flor encontra-se o pistilo, composto de um ovário súpero, estilo curto e grosso e estigma biloculado e papiloso. A maturação dos órgãos sexuais ocorre vinte dias antes da floração, com o desenvolvimento do saco embrionário e a maturação dos gametas (RAPOPORT, 2008).

Quanto à carpometria, o fruto denominado azeitona, é uma drupa de tamanho pequeno e forma elipsoidal, cujas dimensões variam em função da cultivar (RAPOPORT, 2008; SILVA et al., 2012b).

## **2.2 Importância econômica das oliveiras**

O volume de importações de azeite e azeitona no Brasil tem crescido nos últimos anos. Este aumento deve-se a fatores como a divulgação dos bem efícios de seu consumo à saúde humana, de preços mais acessíveis ao consumidor e do aumento do poder aquisitivo de algumas classes sociais (SILVA et al., 2014).

Em 2008, a produção nacional, consistia em apenas uma tonelada de azeitonas situadas em 6 hectares, em 2011 foram 77 toneladas em uma área de 43 hectares, em 2013 esse valor aumentou para 265 toneladas, distribuídas em uma área de 146 hectares e 2018 foram aproximadamente 1.600 toneladas de azeitonas em 1.100 hectares (IBGE, 2020).

Neste contexto, atualmente o país configura-se como o oitavo maior importador de azeite e azeitona de mesa do mundo, tendo importado no ano de 2019, de acordo com o Consejo Oleícola Internacional (2020), aproximadamente 70 mil toneladas de azeite de oliva e 120 mil toneladas de azeitona de mesa.

Isso demonstra a grandiosidade do mercado nacional para os produtos oriundos da oliveira, o que vem incentivando, nos últimos anos, pequenos e grandes produtores a implantar e expandir pomares comerciais, em regiões potencialmente produtoras pelo país.

## **2.3 A olivicultura em regiões de clima subtropical**

A oliveira (*Olea europaea* L.) é uma angiosperma, dicotiledônea, de porte arbóreo e de clima mediterrâneo que, devido às suas características xerofíticas, adapta-se a regiões com verões extensos, de temperaturas elevadas e de baixos níveis de umidade e de precipitação (ALBIN, VILAMIL,2003; WREGGE et al., 2009).

Cultivada ou silvestre, encontra-se distribuída pelas regiões tropicais e temperadas do mundo. Seu cultivo é datado de 6.000 anos atrás, com origem em países localizados às margens do Mediterrâneo. No Brasil, chegou há vários séculos, com maior ocorrência de cultivo nas regiões Sul e Sudeste (WREGGE et al., 2009).

No que se refere à aptidão climática, plantas frutíferas são classificadas como tropicais, subtropicais e temperadas. A atualização de conhecimentos acerca da origem das diferentes

espécies, em conjunto com avanços tecnológicos na implantação de pomares e melhoramento genético, proporcionam condições benéficas ao cultivo economicamente viável de espécies tropicais e temperadas em regiões de clima subtropical.

Tradicionalmente praticada em países de clima temperado, a olivicultura vem tornando-se comum em países de clima subtropical, como Austrália, Argentina e Chile. No Brasil, tal prática tornou-se atraente devido ao seu elevado potencial econômico nas áreas de extração de azeite, conservas, fitomedicamentos e cosméticos. Uma vez que o país depende de importações para suprir a demanda do mercado interno, há uma emergência de empreendimentos nos estados de Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo, com olivais em fase de produção, beneficiamento de azeitonas e embalagem de azeite, consistindo em uma perspectiva promissora para a produtividade de azeitona de mesa e de azeite competitiva a níveis nacionais e internacionais (WREGE et al., 2009).

A azeitona, fruto oriundo da oliveira, pode ser consumido ou tornar-se matéria-prima para extração do azeite, utilizado desde a antiguidade para fins culinários (BERTONCINI, 2010).

Dificuldades na produção de mudas com alta sanidade e idoneidade genética, na definição de zoneamento edafoclimático de acordo com as peculiaridades de cada cultivar, no manejo adequado da planta e do solo, nas tecnologias de produção e no armazenamento de azeite, vêm dificultando a expansão da olivicultura no Brasil (WREGE et al., 2009).

A olivicultura da região Sul do país abrange os estados do Rio Grande do Sul e do Paraná, onde o plantio se difunde por vários municípios. No estado de Santa Catarina, através da EPAGRI, existem experimentos com oliveiras, sendo que a olivicultura, nessa região, é incipiente (ARGOS, 2020).

Segundo Silva et al., (2012b), o plantio de oliveira na região sudeste concentra-se em São Paulo e Minas Gerais. Em Maria da Fé-MG, os primeiros exemplares de oliveira foram introduzidos em 1935, por agricultores descendentes de portugueses. O primeiro plantio em larga escala foi realizado com 200 pés, na Fazenda Pomária, neste mesmo município, na década de 1940. A formação dos Bancos de Germoplasma da EPAMIG teve início na década de 1950, a partir de sementes coletadas em oliveiras existentes em propriedades particulares e públicas da região.

A EPAMIG de Maria da Fé foi pioneira no Brasil ao extrair o azeite utilizando o processo de prensagem e posterior decantação, separando o azeite por diferença de densidade. O produto obtido deste processo possui excelentes qualidades, podendo ser classificado como azeite de oliva extra virgem (SILVA, 2012a). A Fazenda Experimental da EPAMIG de Maria

da Fé, conta com novos equipamentos para extração de azeite e os disponibiliza para uso de produtores e parceiros interessados (SILVA et al., 2014).

## **2.4 Propagação da oliveira**

Apesar dos frutos de oliveira possuírem sementes viáveis, a reprodução sexual não é desejada no estabelecimento de plantios comerciais, em razão da segregação genética e do longo período juvenil, sendo a propagação assexuada a mais utilizada (OLIVEIRA et al., 2009a).

A propagação vegetativa de plantas ocorre por meio da divisão e diferenciação de células, sem a participação de órgãos sexuais. Fundamenta-se na capacidade de regeneração de um vegetal, objetivando-se a obtenção de uma nova planta a partir de partes de outras já existentes. Assim, toda a constituição genética dos novos indivíduos são mantidas intactas à imagem e semelhança da planta-mãe (MARTINS, NADONLY, 1996).

O processo tradicional de propagação da oliveira por estacas lenhosas com tamanhos de 40 a 60 cm de comprimento, com o enraizamento direto no local definitivo de plantio apresenta, além de outros inconvenientes, a necessidade de muito material vegetal. A utilização de estacas semilenhosas superou este inconveniente, mas a promoção do enraizamento exige cuidados especiais como a utilização de fitorreguladores, casa de vegetação com condições ambientais controladas e capazes de permitir a manutenção de uma película contínua de água nas folhas e o aquecimento da base das estacas, proporcionando assim, melhores condições à formação do sistema radicular adventício (PEIXE et al., 2007).

Segundo Oliveira et al., (2003, 2009, 2010) e Pio et al., (2005), a concentração endógena de auxinas é um fator limitante ao enraizamento adventício, sendo normalmente necessária a sua aplicação exógena. O ácido indolbutírico (AIB) é a auxina sintética mais utilizada para induzir a formação de raízes adventícias nesta espécie.

Com o intuito aumentar a taxa de enraizamento adventício na estaquia de oliveira, uma série de trabalhos com estacas das principais cultivares exploradas no Brasil foram realizados. Já é consenso entre pesquisadores que as estacas devem ser coletadas em abril ou agosto, preparadas com aproximadamente 12 cm de comprimento e quatro a seis internódios, com quatro folhas inteiras na região apical e tratadas com solução hidroalcoólica de ácido indolbutírico (AIB), na concentração de 3 g L<sup>-1</sup> (Oliveira et al., 2012a).

## **2.5 Anatomia do enraizamento adventício em estacas de oliveira**

Estacas caulinares podem ser classificadas como herbáceas, semilenhosas e lenhosas, de acordo com seu grau de esclerificação. O percentual de enraizamento pode variar de acordo com o tipo de estaca utilizada, visto que este potencial varia entre as diferentes porções de um mesmo ramo (FACHINELLO et al., 1995).

A formação de raízes adventícias é dividida em três fases de desenvolvimento: a indução, na qual ocorre o estabelecimento de células iniciais advindas da desdiferenciação celular no periciclo ou câmbio (depende da espécie e estágio de desenvolvimento do caule); a iniciação, quando as células meristemáticas dos primórdios dividem-se e diferenciam-se em camadas de células constituintes dos tecidos da nova raiz; e a expressão, representada pela raiz propriamente dita em emergência (GUAN et al., 2019).

Primórdios radiculares são oriundos de células cambiais ou da desdiferenciação de células corticais parenquimáticas em resposta ao ferimento a que submete-se as estacas. Alguns estudos têm indicado o elevado percentual de enraizamento adventício em estacas onde os primórdios radiculares originam-se no câmbio ou em células adjacentes e baixos percentuais de enraizamento em estacas onde este processo é oriundo do calo (HARTMANN et al., 2002; STEFFENS, RASMUSSEN, 2016).

Para Dos Santos et al., (2011) a anatomia do caule influencia no potencial de enraizamento adventício das espécies. Autores como Beakbane, (1961) e Ono e Rodrigues (1996) sugerem que esta estrutura anatômica influencia no enraizamento em espécies frutíferas de difícil enraizamento e alto grau de esclerificação e que a continuidade do anel de esclerenquima pode ser inversamente proporcional à capacidade de enraizamento.

Há estudos (Sachs et al., 1964; Hartmann et al., 2002; Bastos, 2005) que sugerem que o anel esclerenquimático em atuação conjunta com influências químicas possa interferir no processo de enraizamento adventício. De acordo com Medrado et al., (1995), ainda que o enraizamento seja uma resposta química, a diminuição na proporção entre tecidos esclerenquimáticos e parenquimáticos permite condições propícias ao enraizamento adventício.

## **2.6 Deposição de compostos na região de regeneração das estacas**

Uma vez realizado o ferimento na base da estaca, ativa-se o sistema de defesa da planta, demonstrado na forma de deposição de compostos na área de regeneração, como lignina, compostos fenólicos e auxina.

A deposição celular de lignina representa uma resposta a fatores estressantes, fornecendo à planta maior resistência mecânica e impermeabilidade suficiente aos vasos condutores do xilema (JANEIRO, 2011). A quantidade e composição das ligninas variam entre táxons, tipos celulares e as camadas da parede celular, sendo influenciadas pelo desenvolvimento da planta e fatores ambientais (MARCHESINE, 2003).

Presente na parede celular secundária, este polímero é formado através de um mecanismo oxidativo e acoplamento entre monômeros de contribuição individual variável entre espécies, tipos de células e tecidos da mesma planta. Amplamente verificada em esclereides, fibras, do vaso e traqueídes, a lignina evita o colapso destas células quando submetidas à pressão negativa da transpiração foliar, essencial para o transporte de água do solo para as folhas (FERREIRA, 2017).

Compostos fenólicos são uma grande classe de metabólitos secundários de plantas, mostrando uma diversidade de estruturas bastante simples, como ácidos fenólicos, polifenóis, flavonoides e compostos poliméricos. São extremamente difundidos, enquanto outros são específicos de certas plantas famílias ou encontrados apenas em certos órgãos da planta ou em certos estágios de desenvolvimento. A diversidade de estruturas está relacionado a uma variedade de propriedades, associadas a papéis específicos nas plantas, daí sua distribuição específica. (CHEYNIER, 2012).

Estão envolvidos em muitas interações de plantas com seu ambiente biótico e abiótico e acumulam-se em diferentes tecidos e células vegetais durante a ontogênese e sob a influência de vários estímulos ambientais, respectivamente (HUTZLER et al., 1998).

Estes compostos são relacionados à biossíntese do AIA, hormônio influente no crescimento vegetal e no processo de enraizamento adventício. De acordo com Pimenta et al., (2017) estes compostos interagem como cofatores com a auxina endógena dos vegetais, podendo promover ou inibir a formação de raízes adventícias. Ainda segundo os autores, o contato dos compostos fenólicos com o oxigênio antes da manifestação de seus efeitos associados à auxina pode causar a oxidação e posterior necrose dos tecidos da planta, dificultando o enraizamento ou causando a morte das estacas.

### 3 REFERÊNCIAS

ALBIN A.; VILLAMIL J. Aceite de oliva: tradicional sabor mediterrâneo, rejuvenecido en tierras Uruguayas. **Montevideo: Editora de Vecho**. 2003. p. 25-28.

APPEZZATO-DA-GLÓRIA, Beatriz; CARMELLO-GUERREIRO, Sandra Maria. **Anatomia Vegetal**. [S.l: s.n.], 2009.

ASSOCIAÇÃO RIO-GRANDENSE DE OLIVICULTORES – ARGOS. **Oliveiras**. Disponível em: < [http://www.argos.org.br/new\\_argos/?page\\_id=409](http://www.argos.org.br/new_argos/?page_id=409) > Acesso em: 30 junho. 2020.

BASTOS, D. C. **Propagação da caramboleira por estacas caulinares e caracterização anatômica e histológica na formação de raízes adventícias** / Débora Costa Bastos, ESALQ/USP, 65P., Piracicaba, 2005.

BEAKBANE, A. B. Structure of the plant stem in relation to adventitious rooting. **Nature**, 192 (4806):954-955. London, 1961.

BERTONCINI, E. APTA Pólo Centro Sul. **Cultivo de oliveira em condições subtropicais. Desafios para a produção nacional de azeite**. Expo Azeite. Encontro sobre plantio de oliveira como agronegócio no Brasil e no mundo, 1 ed., 2010, São Paulo. Palestra... São Paulo, 2010.

CHEYNIER, V. Compostos fenólicos: das plantas aos alimentos. **Phytochemistry Reviews**, 11 (2-3), 153-177, 2012, doi: 10.1007 / s11101-012-9242-8.

CONSEJO OLEÍCOLA INTERNACIONAL – COI. **Cifras Aceites de oliva en aceitunas de mesa**. Disponível em : <<http://www.internationaloliveoil.org/estaticos/view/131-world-olive-oil-figures> >. Acessado em: 30 jun. 2020.

CRUZ, M. C. M. Botânica, anatomia e ecofisiologia. In: OLIVEIRA, A. F. **Oliveira no Brasil: tecnologia de produção**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2012. Cap. 2, p. 41-69.

DOS SANTOS, J. DE P; DAVIDE, A. C. FONSECA TEIXEIRA, L. A.; SANTOS MELO, A. J.; AMARAL DE MELO, L. Enraizamento de estacas lenhosas de espécies florestais, **CERNE**, vol. 17, núm. 3, jul-set, Lavras, 2011, pp. 293-301.

FACHINELLO, J. C. Propagação de plantas frutíferas. **Embrapa Informação Tecnológica**; Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 1995.

FERREIRA, B. G.; FALCIONI, R.; GUEDES, L. M.; SOFIA C. A.; ANTUNES, W. C.; LUIZ A. SOUZA, L. A.; ISAIAS, R. M. S. Preventing False Negatives for Histochemical Detection of Phenolics and Lignins in PEG - Embedded Plant Tissues. **Journal of Histochemistry & Cytochemistry** 2017, Vol. 65(2) 105– 116.

GUAN, L.; TAYENGWA, R.; CHENG, Z.; WENDY A. P.; MURPHY, A. S.; ZHAO, M. Auxin regulates adventitious root formation in tomato cuttings. **Plant Biology**, 2019.

HAN, H.; ZHANG, S.; SUN, X. A review on the molecular mechanism of plants rooting modulated by auxin. **African Journal of Biotechnology**, v. 8, p. 348-353, 2009.

HARTMANN, H.T.; KESTER, D.E.; DAVIS JR., F.T.; GENEVE, R.L. Plant propagation: principles and practices. 6ª ed. **New Jersey, Prentice-Hall**. 770p, 1990, 2002.

HUTZLER, F. Localização de tecidos fenólicos em plantas por microscopia confocal de varredura a laser, **Journal of Experimental Botany**, Volume 49, Issue 323, June 1998, Pages 953–965.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção agrícola municipal: oliveira**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613#resultado>. Acesso em: 30 jun. 2020.

JANEIRO, A. R.. **Análise do teor de compostos fenólicos e de ligninas em diferentes órgãos vegetativos de espécies arbóreas nativas de diferentes grupos sucessionais** / Artur Rodrigues Janeiro. - Rio Claro: [s.n.], 2011 58 f.: il., figs., tabs. Trabalho de conclusão de curso (licenciatura e bacharelado – Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista.

MARQUESINI, A. B. **Estudo sistemático da deposição de lignina em genótipos contrastantes de cana-de-açúcar** / Alexandra Bottcher Marchesini. – Campinas, SP [s. n.], 2013.

MARTINS, S. S.; NADOLNY, M. C. **Produção de mudas: técnicas para reprodução de espécies florestais pelos métodos sexuado e assexuado**. Brasília: Serviço Nacional de Aprendizado Rural, 1996. 18 p.

MEDRADO, M. S. J.; Appezzato-da-Glória, B.; Costa, J. D. Alterações anatômicas em estacas de seringueira (*Hevea brasiliensis* clone RRIM 600) em resposta a diferentes técnicas de indução de enraizamento. **Scientia Agrícola**, v. 52, n. 1, p. 89-95, 1995.

OLIVEIRA, M. C. et al. Enraizamento de estacas de duas cultivares de oliveira submetidas à aplicação de diferentes fertilizantes. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 99-103, 2010.

OLIVEIRA, A. F. et al. Enraizamento de estacas semilenhosas de oliveira sob efeito de diferentes épocas, substratos e concentrações de ácido indolbutírico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 1, p. 117-125, jan./fev. 2003.

OLIVEIRA, A. F. Estaquia de oliveira em diferentes épocas, substratos e doses de AIB diluído em NaOH e álcool. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 79-85, jan./fev. 2009a.

OLIVEIRA, M. C.; VIEIRA NETO, J.; OLIVEIRA, R. S.; PIO, R.; OLIVEIRA, N. C.; RAMOS, J. D. Enraizamento de estacas de duas cultivares de oliveira submetidas à aplicação de diferentes fertilizantes. **Bragantia**, v.69, p.99-103, 2010a.

OLIVEIRA, L. F.; De Oliveira, A. F.; Pio, R.; Ruiz Zambon; Oliveira, D. L. Enraizamento de estacas semilenhosas de cultivares de oliveira. **Bragantia**, vol. 71, núm. 4, 2012a, pp. 488-492 Instituto Agrônômico de Campinas Campinas, Brasil.

ONO, E. O., RODRIGUES, J. D.; De Pinho, S. Z. Action of auxins and/or boron, in the process of root formation in cuttings of coffee (*Coffea arabica* L. cv. Mundo Novo). **Boron In Agriculture**, Wigginton. 16, n.2, p. 14-14, 1996.

PEIXE, M. Estudo histológico sobre a formação de raízes adventícias em estacas caulinares de oliveira (*Olea europaea* L.). **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 30, n. 1, p. 476-482, 2007.

PIMENTA, A. C. et al., Estaquia e anatomia caulinar de *Annona crassiflora* Mart. **Cad. Ciênc. Agra.**, v. 9, n. 2, p. 01-07, 2017 - ISSN 2447-6218

PIO, R.; BASTOS, D. C.; BERTI, A. J.; SCARPARE FILHO, J. A.; MOURÃO FILHO, F. de A. A.; Entelmann, F. A.; Alves, A. S. R.; Bettiol Neto, J. E. Enraizamento de diferentes tipos de estacas de oliveira (*Olea europaea* L.) utilizando-se ácido indolbutírico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras-MG, v. 29, n. 3, p. 562 – 567, jan./abr. 2005.

RALLO, L. Fructificación y producción. In: BARRANCO, D.; FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R.; RALLO, L. (Ed.). **El cultivo del olivo**. 2. ed. Servilha: Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía; Madrid: Mundi, 1998. p. 115-144.

RAPOPORT, H. F. Botânica y morfología. In: BARRANCO, D.; FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R.; RALLO, L. (Ed.). **El cultivo del olivo**. 6.ed. rev. amp. Madrid: Mundi-Prensa, 2008. p. 34-62.

SACHS, R. M., Loreti, F.; De Bie, J. Plant rooting studies indicate sclerenchyma tissue is not restricting factor. **California Agriculture**, 1964, Oakland, 18, n.9, pp.4-5.

SILVA, L. F. et al. Índice de qualidade em amostras de azeite de oliva extraídas de cultivares de oliveirado Sul de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte. v. 35, n. 282, p. 34- 49, 2014.

SILVA, L. F. O.; OLIVEIRA, A. F.; PIO, R.; ZAMBON, C. R.; OLIVEIRA, D. L. Enraizamento de estacas semilenhosas de cultivares de oliveira. **Bragantia**, v. 71, n.4, p. 488-492, 2012a.

SILVA, L. F. O.; OLIVEIRA, A. F.; PIO, R.; ZAMBON, C. R. Caracterização agronômica e carpométrica de cultivares de oliveira. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 3, p. 350-356, 2012b.

STEFFENS, B.; RASMUSSEN, A. **The Physiology of Adventitious Roots**, *Plant Physiol.* Vol. 170, 2016.

WREGGE, M.; COUTINHO, E.; STEINMETZ, S.; REISSER JUNIOR, C.; ALMEIDA, I. R.; MATZENAUER, R.; RADIN, B. **Zoneamento agroclimático para oliveira no estado do Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 24p.

## SEGUNDA PARTE – ARTIGO

### **Análise fitotécnica e anatômica do enraizamento de estacas caulinares de oliveira submetidas à estaquia**

### **Phytotechnical and anatomical analysis of rooting of olive stem cuttings submitted to cutting**

Mayron Martins, Aretha Guimarães, Édipo Menezes da Silva, Daniel Fernandes da Silva, Pedro Maranhã Peche, Thiago Alves Magalhães, Rafael Pio

### **RESUMO**

Apesar da notória expansão do estabelecimento de olivais em regiões subtropicais, ainda há entraves na implantação e no manejo cultural. A oliveira é propagada de forma vegetativa, sendo a estaquia a técnica mais utilizada. Para obter-se bons resultados com sua utilização, torna-se necessário alcançar um bom enraizamento adventício. O local de origem dos primórdios radiculares, influências de estruturas anatômicas, do balanço hormonal e da presença de diversos compostos na região lesionada das estacas vêm sendo estudados em busca de melhorias deste processo. Objetivou-se com este trabalho analisar por uma perspectiva fitotécnica e anatômica, o enraizamento adventício em estacas caulinares semilenhosas de *Olea europaea* L. tratadas com AIB. Foram utilizadas estacas de quatro cultivares de oliveira, nas quais analisou-se a origem dos primórdios radiculares, avaliou-se os parâmetros fitotécnicos do enraizamento, as modificações nas estruturas anatômicas da região lesionada, a presença de compostos fenólicos e de lignina nesta região, bem como a correlação entre características fitotécnicas e anatômicas. A cultivar Santa Catalina apresentou maior percentual de enraizamento e menor percentual de calogênese. Houve uma correlação forte e negativa entre os percentuais de calogênese e de enraizamento. Compostos fenólicos foram detectados em células do câmbio, confirmando o acúmulo destes compostos na região de regeneração das estacas. Conclui-se que as cultivares têm diferentes exigências por cofatores relacionados ao enraizamento. Estacas com alto percentual de calogênese apresentam menor enraizamento. O anel de esclerênquima, assim como o tecido floemático e o córtex, são estruturas que não atuam como barreiras anatômicas ao enraizamento adventício de estacas de oliveira. As modificações anatômicas aqui verificadas não impedem diretamente o enraizamento, mas sim representam um obstáculo a mais para ser ultrapassado pela raiz adventícia. A presença de compostos fenólicos na região cambial levanta a possibilidade da influência dos mesmos sobre o enraizamento adventício, uma vez que possuem relações estreitas com enzimas envolvidas no metabolismo e transporte da auxina, um reconhecido indutor de enraizamento adventício em várias espécies.

**Palavras-chave:** Enraizamento adventício; Barreiras anatômicas; *Olea europaea* L.

## ABSTRACT

Despite the notable expansion of the establishment of olive groves in subtropical regions, there are still obstacles in the implementation and cultural management. The olive tree is propagated in a vegetative way, cutting being the most used technique. To obtain good results with its use, it is necessary to achieve a good adventitious rooting. The place of origin of the early roots, influences of anatomical structures, hormonal balance and the presence of several compounds in the injured region of the cuttings have been studied in search of improvements in this process. The objective of this work was to analyze, from a phytotechnical and anatomical perspective, the adventitious rooting in semi-hardwood stem cuttings of *Olea europaea* L. treated with IBA. Cuttings from four olive cultivars were used, in which the origin of the root roots was analyzed, the rooting phytotechnical parameters, the changes in the anatomical structures of the injured region, the presence of phenolic compounds and lignin in this region were evaluated, as well as the correlation between phytotechnical and anatomical characteristics. The place of origin of the early roots of stakes was the exchange. The cultivar Santa Catalina showed a higher percentage of rooting and lower percentages of callogenesis. There was a strong and negative correlation between the percentages of callogenesis and rooting. Phenolic compounds were detected in cambium cells and the presence of lignin was verified in xylemic cells and in the entire sclerenchyma ring, confirming the accumulation of these compounds in the regeneration region of the stake. It is concluded that the cultivars have different requirements for cofactors related to rooting. Cuttings with a high percentage of callogenesis have less rooting. The sclerenchyma ring, as well as phloemic tissue and cortex, are structures that do not act as anatomical barriers to adventitious rooting of olive cuttings. The anatomical changes seen here and the presence of lignin in the sclerenchyma ring do not directly prevent rooting, but rather represent an additional obstacle to be overcome by the adventitious root. The presence of phenolic compounds in the cambial region raises the possibility of their influence on adventitious rooting, since they have close relationships with enzymes involved in the metabolism and transport of auxin, a recognized inducer of adventitious rooting in several species.

**Keywords:** Adventitious rooting; Anatomical barriers; *Olea europaea* L.

## 1 INTRODUÇÃO

A dificuldade de adaptação de cultivares de oliveira (*Olea europaea* L.) às condições subtropicais é um entrave para o cultivo e principalmente para a produção comercial de azeites e azeitonas (Silva et al., 2015). A propagação desta espécie ocorre de forma vegetativa, principalmente através da estaquia, técnica em que se promove o enraizamento adventício a partir de ramos ou raízes retirados de uma planta (OLIVEIRA et al., 2012).

Quando bem sucedido, este processo originará uma nova planta idêntica àquela que lhe deu origem e pode ser definido como uma série de eventos iniciados após a percepção do estímulo oriundo do ferimento na base das estacas (SILVA et al., 2012; MARTÍN-PELÁEZ et al., 2013; MARIOSIA, 2014).

Fatores como a constituição genética da planta-matriz, maturação ou juvenildade dos propágulos, época de coleta, fatores abióticos (temperatura, luz, umidade), balanço hormonal e o uso de reguladores de crescimento influenciam direta ou indiretamente no enraizamento adventício (PIO et al., 2005; XAVIER et al., 2009; MARIOSIA, 2014).

Alguns estudos têm relacionado o local de origem dos primórdios radiculares à capacidade de enraizamento das espécies. Neste sentido, em espécies que apresentam fácil enraizamento, os primórdios radiculares originam-se no câmbio ou em células adjacentes e, em estaquia de espécies de difícil enraizamento, os primórdios radiculares são oriundos da desdiferenciação de células corticais parenquimáticas em resposta ao ferimento a que submetem-se as estacas (STEFFENS, RASMUSSEN, 2016).

Associado à maturação do ramo, entre floema e córtex, desenvolve-se um anel de esclerênquima que vem sendo objeto de estudos que visam interpretar sua influência no processo de enraizamento adventício. Há autores que consideram esta estrutura esclerificada como uma barreira anatômica ao enraizamento (MEDRADO et al., 1995).

Em contrapartida, há afirmações de que esta estrutura anatômica não atua como a principal causa da dificuldade de enraizamento. Acredita-se que as raízes adventícias podem iniciar um crescimento vertical, contornando esta estrutura (GOODIN, 1985). Outros autores consideram ainda que o enraizamento adventício possa ser uma resposta química, não havendo influência anatômica na formação de primórdios radiculares (HARTMANN et al., 2002).

Os compostos fenólicos acumulados na zona de regeneração das estacas lesionadas constituem uma resposta da planta ao ferimento ocasionado e estabelecem uma relação positiva com enzimas importantes envolvidas na biossíntese de auxina (AIA – ácido indol-3-acético) (BASTOS, 2006; PEIXOTO, 2007).

Auxina é reconhecida como indutora de enraizamento adventício e vem sendo utilizada na forma sintética de AIB (ácido indol-3-butírico) em estaquia de diversas espécies, incluindo *Olea europaea* L. (PIO et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2010a). Segundo Guan et al., (2019) após o ferimento causado na base das estacas ocorre um acúmulo de etileno e auxina nesta região, vindo a influenciar de diferentes formas as fases do enraizamento adventício.

Mesmo com a possibilidade da produção de azeitonas em condições subtropicais, é preciso intensificar as buscas por cultivares que apresentem a possibilidade de produção comercial de azeitonas e com alto rendimento agroindustrial (Silva et al., 2012a; Silva et al., 2012b). Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi entender o enraizamento adventício em estacas caulinares semilehnhosas de *Olea europaea* L. e analisar a influência de estruturas anatômicas e deposição de compostos neste processo.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento de estaquia foi realizado no Pomar e Laboratório de Pomologia do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras. Foram coletadas de plantas adultas, estacas de quatro cultivares de oliveira (Maria da Fé, Santa Catalina, Ascolano 315 e Grapolo 541). As estacas foram coletadas no mês de abril, padronizadas com 10 a 12 centímetros de comprimento e com dois pares de folhas conservados.

As estacas tiveram suas bases mantidas em contato com solução hidroalcolica de AIB (Ácido Indol-3-butírico) a 3000 ppm por 10 segundos, de acordo com a metodologia de Silva et al., (2012) e dispostas para enraizamento em bandejas contendo o substrato vermiculita. As bandejas foram mantidas em câmara de nebulização intermitente, com ajuste de temperatura para 24° e irrigação de 10 minutos em intervalos de 1 hora.

O delineamento experimental foi de 4 cultivares, contendo 8 repetições e 100 estacas por parcela. Foram avaliados porcentagens de estacas enraizadas e de estacas calejadas, em um período experimental de 60 dias.

As análises anatômicas foram realizadas no Laboratório de Anatomia Vegetal do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras. Para tanto, três estacas de cada cultivar foram coletadas e fixadas em duas épocas (0 e 60 dias após montagem do experimento). Foram realizadas secções transversais na região basal das estacas, procedimento este realizado à mão livre ou com auxílio de micrótomo de deslize e material incluído em historesina (LEICA BIOSYSTEMS). Os cortes foram corados com Safrablau (Azul de Astra/Safranina, nas proporções 9:1) ou Azul de Toluidina 0,05% (em tampão acetato pH = 4,7), de acordo,

respectivamente, com Bukatsch, (1972), Burger e Spahn (1991) e O'Brien et al., (1964) e dispostos em lâminas semipermanentes contendo meio de montagem glicerinado 50%. As lâminas foram vedadas em suas extremidades com esmalte e as secções foram fotografadas em estereoscópio NIKON MODEL C-LEDS com câmera acoplada.

De porte das imagens das secções foi possível inferir o local de origem dos primórdios radiculares em estacas de cada cultivar. Avaliou-se a espessura e a quantidade de espaços do anel de esclerênquima e as espessuras de floema e de córtex. Foram selecionados cinco cortes de cada estaca e, em cada um deles, foram realizadas 10 medidas para cada parâmetro, totalizando 150 medidas para cada cultivar, de cada época de coleta. Para avaliação da quantidade de espaços no anel de esclerênquima, todos espaços existentes ao longo da estrutura foram contabilizados. As medições foram realizadas utilizando-se o software AxioVision Rel. 4.8.

Para verificar a existência de diferenças nos parâmetros fitotécnicos e anatômicos entre as cultivares, utilizou-se a plataforma R Studio (R Development Core Team) e realizou-se o teste de normalidade (Shapiro test), seguido de Anova (para dados com distribuição normal) com de teste Tukey ou teste Kruskal-Wallis (para dados com distribuição não-normal), seguido de teste Dunn.

Para verificar a correlação entre os parâmetros anatômicos e fitotécnicos, realizou-se o ajuste de modelo de regressão generalizado Binomial Negativo. As análises de correlação variam de -1 a 1 e, quanto mais próximo de 1, a correlação é forte e positiva e, quanto mais próximo de -1, a correlação é forte e negativa. Caso o valor da correlação tiver próximo de zero não existe correlação entre as variáveis em estudo (MCCULLAGH, P., NELDER, J., 1989).

Este modelo permite a realização de estimativas das relações entre os parâmetros avaliados, lembrando-se que modelos de regressão são usados para fazer predição e não previsão dos valores, ou seja, só pode fazer a estimação de valores dentro do intervalo das variáveis. Como o modelo binomial negativo usa a ln da média para tal transformação, é necessário aplicar a exponencial para voltar tal transformação (MCCULLAGH, P., NELDER, J., 1989), como o exemplo a seguir:

$$\text{Estacas enraizadas} = e^{(5,2968 - 0,8804 \times \text{Espessura do anel})}$$

O teste histoquímico para detecção de compostos fenólicos nos tecidos das estacas foi realizado em uma estaca de cada cultivar, coletadas em intervalos de 15 dias ao longo do período experimental. Para isso, três secções transversais à fresco foram realizadas na região

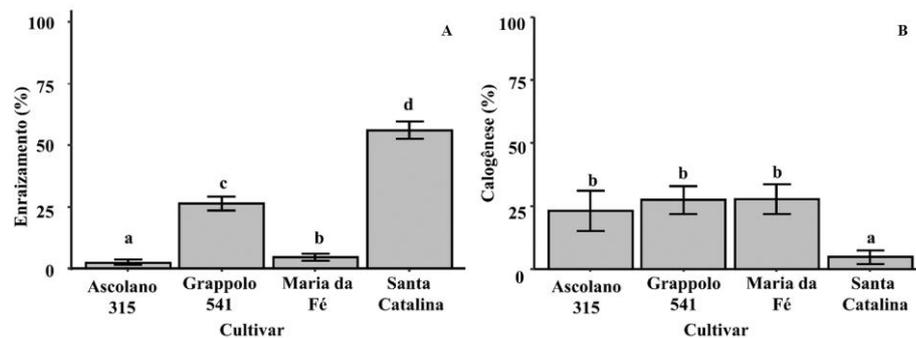
basal das estacas semilenhosas e dispostas em lâminas. Cada uma delas recebeu duas gotas da solução de cloreto férrico (2g) e etanol (95%), de acordo com Johansen (1940).

Os cortes foram fotografados em estereoscópio NIKON MODEL C-LEDS, com câmera acoplada. A presença de compostos fenólicos nos tecidos foi avaliada a partir da reação indicada pela coloração escura em três níveis de intensidade: ausente (-), moderado (+) e intenso (++)

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A porcentagem de estacas enraizadas foi distinta entre as quatro cultivares em estudo, verificando-se maior percentual de enraizamento na cultivar Santa Catalina (56,12%), seguida das cultivares Grapollo 541 (26,25%), Maria da Fé (4,50%) e Ascolano 315 (2,38%) (Figura 1A).

A porcentagem de estacas calejadas também apresentou variação significativa entre as cultivares. Pode-se afirmar que as cultivares Ascolano 315 (23,12%), Grapollo 541 (27,38%) e Maria da Fé (27,75%) apresentaram maior percentual de estacas calejadas do que a cultivar Santa Catalina (4,75%) (Figura 1B).



**Figura 1:** Valores médios de parâmetros fitotécnicos de estacas semilenhosas de quatro cultivares de *Olea europaea* L. (Ascolano 315, Grapollo 541, Maria da Fé e Santa Catalina) após 60 dias de experimento de estaquia: **A** - porcentagem de enraizamento (%), segundo teste Kruskal-Wallis ( $p = 3,173 \times 10^{-06}$ ); **B** - porcentagem de calogênese (%), segundo teste Anova ( $p = 1,39 \times 10^{-08}$ ). Letras minúsculas diferentes em cima dos gráficos de barra representam diferença estatística entre as cultivares.

No presente estudo, as cultivares responderam de maneiras diferentes ao demonstrado nos trabalhos de Silva et al., (2012) e Alves et al., (2012) com estaquia das mesmas cultivares em casa de vegetação com nebulização, utilizando-se areia como substrato e no mês de abril. Os autores observaram menor percentual de enraizamento nas cultivares Santa Catalina (32%), Grapollo 541 (12%) e Maria da Fé (0%) e maior porcentagem de calogênese nas cultivares Santa Catalina (37%), Grapollo 541 (56%) e Ascolano 315 (34%).

Em trabalhos com a cultivar Maria da Fé, Mariosa (2014) observou baixo percentual de enraizamento e elevado percentual de mortalidade entre as estacas. A autora cita ainda autores como Tofanelli (1999) e Xavier et al., (2009) ao atribuir a baixa porcentagem de enraizamento e a alta taxa de mortalidade das estacas às características genéticas intrínsecas desta cultivar, afirmando que a mesma não é indicada em experimentos que utilizem AIB, uma vez que apesar da concentração utilizada ser comercialmente aceita e empregada, dependendo das concentrações, pode ser tóxica ao vegetal.

Ressalta-se que a aplicação de reguladores vegetais é de suma importância para o enraizamento, adiantando e uniformizando este processo e aumentando a porcentagem de emissão de raízes, bem como a qualidade das raízes formadas (FACHINELLO et al., 1995).

Porfírio (2016) aponta possíveis correlações entre os níveis de auxinas livres e a capacidade de enraizamento em microestacas e estacas semilenhosas de oliveira, onde a conversão IBA-IAA deficiente resulta no pico de IAA durante a fase de iniciação do processo de enraizamento adventício, aparentemente relacionada à baixa capacidade de enraizamento. A autora afirma ainda que esta capacidade pode estar relacionada às diferentes atividades de enzimas oxidativas, sendo a maior atividade de polifenoloxidasas observada em espécies com fácil enraizamento e maior atividade de peroxidase verificada em espécies que apresentam dificuldades de enraizamento.

Há espécies que apresentam dificuldades para enraizar ou não enraízam mesmo quando tratadas com reguladores vegetais, o que indica influência de outros fatores envolvidos neste processo e que a resposta das espécies não é universal (HARTMANN et al., 2002).

Uma vez que as estacas foram coletadas de plantas em bom estado fitossanitário e de fases de desenvolvimento compatíveis e foram submetidas às mesmas condições ambientais controladas, entende-se que diferentes cultivares desta mesma espécie podem exigir diferentes combinações de cofatores essenciais ao sucesso do enraizamento adventício, como o substrato, balanço hormonal e características genéticas.

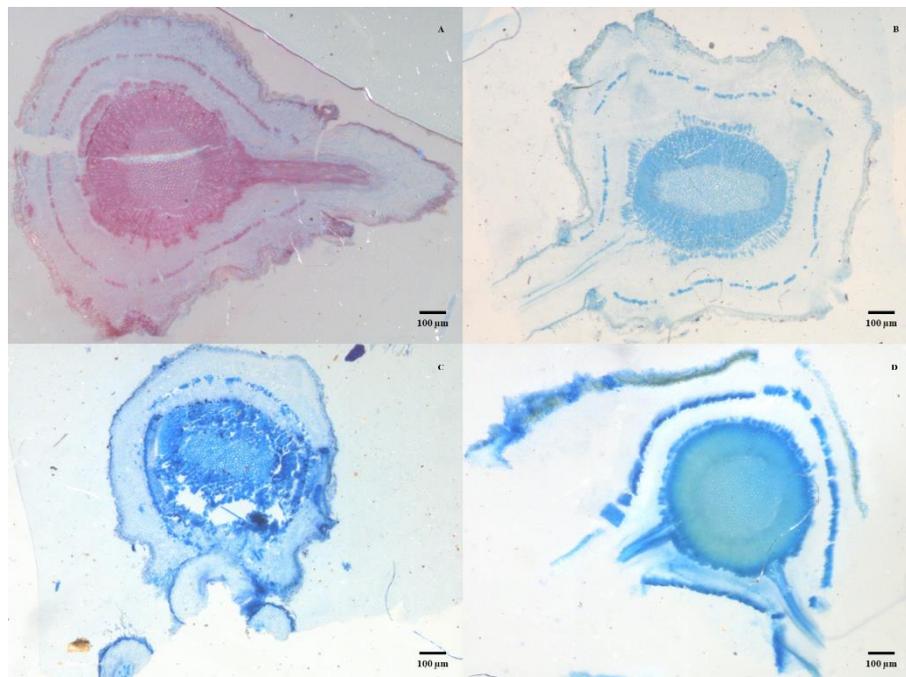
Ao cortar as estacas para montar o experimento, ocorre uma lesão em células floemáticas e xilemáticas que, após atingirem morte celular, formam uma placa de suberina, que diminui a desidratação da área lesionada. Logo, células próximas a esta placa dividem-se e formam um calo, tecido cicatricial oriundo do câmbio, córtex ou medula, cuja formação representa o início da regeneração dos tecidos (HARTMANN e KESTER, 1980; HARTMANN et al., 2002).

Silva et al., (2012) afirmam que a presença de calos nas estacas demonstra diferenciações celulares apontadas como estruturas indicadoras da formação dos primórdios de

raízes adventícias e que algumas cultivares de oliveira demandam maior tempo para que este evento ocorra e conseqüentemente, a formação de raízes adventícias após o processo de calogênese.

Já Peixe (2007) verificou correlação entre formação de calos e raízes em estacas de oliveira, demonstrando íntima ligação entre estes dois processos, uma vez que as raízes apareceram depois da formação dos calos oriundos de diferenciações de células de parênquima.

Observou-se que, em estacas semilenhosas de cultivares oliveira utilizadas neste estudo, o enraizamento adventício origina-se de células do câmbio, conforme demonstrado na Figura 2 (A, B, C e D).

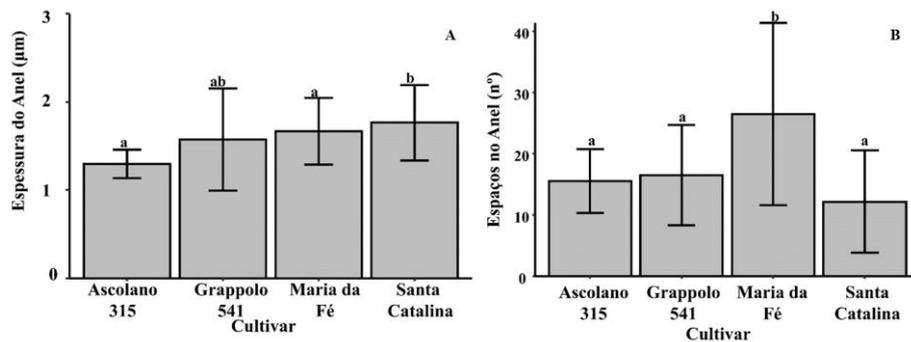


**Figura 2:** secções transversais na região basal de estacas semilenhosas de *Olea europaea* L. demonstrando o local de origem dos primórdios radiculares: A –cultivar Maria da Fé; B – cultivar Santa Catalina; C – cultivar Ascolano 315; D – cultivar Grapolo 541. \*Escala de 100µm. \*Fonte: do autor.

Estudos têm relacionado o local de origem dos primórdios radiculares à capacidade de enraizamento das espécies, sugerindo que em espécies que apresentam fácil enraizamento, os primórdios radiculares originam-se no câmbio ou em células adjacentes e, em estaquia de espécies de difícil enraizamento, os primórdios radiculares são oriundos de desdiferenciação de células corticais parenquimáticas em resposta ao ferimento a que submete-se as estacas (HARTMANN et al., 2002; STEFFENS, RASMUSSEN, 2016).

A espessura do anel de esclerênquima foi estatisticamente semelhante entre estacas das cultivares Ascolano 315 ( $1,3\mu\text{m}$ ) e Maria da Fé ( $1,67\mu\text{m}$ ). Espessuras estas que são semelhantes ao apresentado por estacas da cultivar Grappolo 541 ( $1,57\mu\text{m}$ ) e menores do que foi observado em estacas da cultivar Santa Catalina ( $1,76\mu\text{m}$ ), que assemelha-se ao observado na cultivar Grappolo 541 (Figura 3A).

A cultivar Maria da Fé apresentou o número médio de 26,5 espaços no anel de esclerênquima, quantidade esta que é maior do que foi observado nas demais cultivares, que são semelhantes entre si para este parâmetro. Entre estacas destas cultivares, observou-se o anel de esclerênquima de estacas da cultivar Grappolo 541 com número médio de 16,5 espaços, o de estacas da cultivar Ascolano 315 com 15,5 espaços e o número médio de 12,1 espaços nesta estrutura de estacas da cultivar Santa Catalina (Figura 3B).

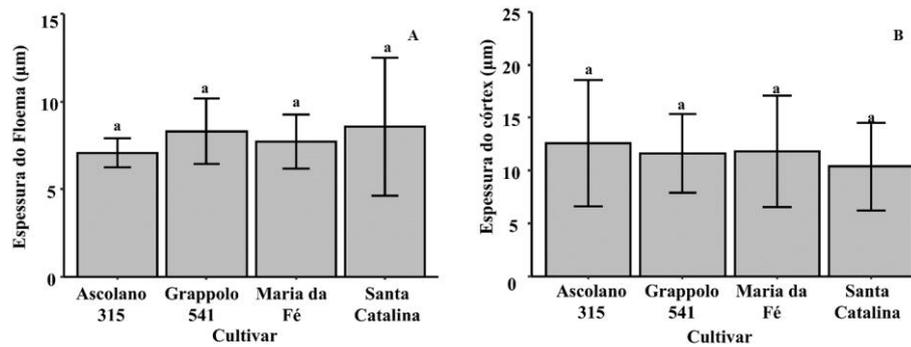


**Figura 3:** Valores médios de parâmetros anatômicos de estacas semilenhosas de quatro cultivares de *Olea europaea* L. (Ascolano 315, Grapollo 541, Maria da Fé e Santa Catalina) após 60 dias de experimento de estaquia: **A** - espessura do anel de esclerênquima ( $\mu\text{m}$ ), segundo teste Anova ( $p = 0,0014$ ); **B** - quantidade de espaços no anel de esclerênquima segundo teste Anova ( $p = 0,05$ ). Letras minúsculas diferentes em cima dos gráficos de barra representam diferença estatística entre as cultivares.

Autores como Esau (1993) e Hartmann et al., (2002) afirmam que a maior proporção de tecidos esclerenquimáticos em estacas caulinares de maior diâmetro está relacionada de forma negativa com a capacidade e qualidade de enraizamento.

Em contrapartida, Ferriani et al., (2008) afirmam que as diferenças na capacidade de enraizamento entre cultivares de oliveira estão relacionadas com a facilidade e a velocidade de formação de primórdios radiculares de cada espécie e não com a restrição mecânica do anel de esclerênquima.

Tanto o floema quanto o córtex, apresentaram espessuras estatisticamente semelhantes entre as estacas das cultivares em estudo (Figura 4, A e B).



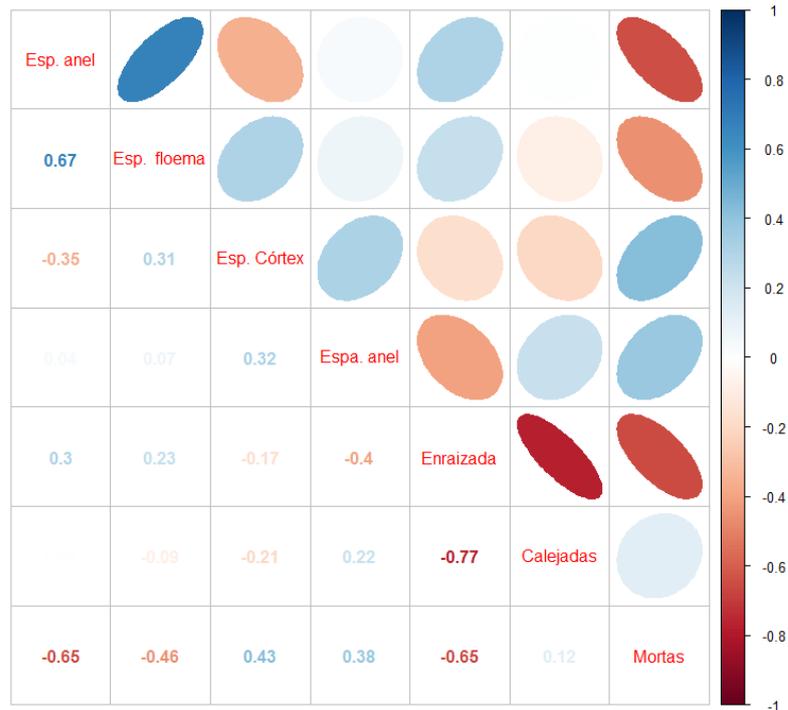
**Figura 4:** Valores médios de parâmetros anatômicos de estacas semilenhosas de quatro cultivares de *Olea europaea* L. (Ascolano 315, Grappolo 541, Maria da Fé e Santa Catalina) após 60 dias de experimento de estaquia: **A** - espessura do floema (µm), (Kruskall-Wallis,  $p = 0,30$ ); **B** - espessura do córtex (µm), segundo teste Anova ( $p = 0,66$ ). Letras minúsculas diferentes em cima dos gráficos de barra representam diferença estatística entre as cultivares.

Proveniente do câmbio, o floema é produzido em menor quantidade em relação ao xilema; as fibras podem estar ausentes ou presentes e, neste caso, formam uma faixa contínua ao redor de toda a circunferência do órgão (caule e raiz) ou faixas isoladas (UFPB, 2019).

Hartmann et al., (2011) afirmam que em miniestaquia ocorre o transporte de auxina formada em partes da planta o como meristema apical, gemas axilares e folhas jovens, através do floema, para a base das estacas, onde se concentram e, deste modo, juntamente com outras substâncias nutritivas, são responsáveis pela formação das raízes.

Hilare et al., (1996) afirmam que em *Mussaenda eythrophylla*, a atividade meristemática de células parenquimáticas do floema precede a formação de raízes adventícias, uma vez que essas células adjacentes ao câmbio vascular, dividem-se e as formam.

Não figura 5, verifica-se as correlações entre parâmetros anatômicos e fitotécnicos:



**Figura 5:** Matriz ilustrativa demonstrando correlações entre as variáveis fitotécnicas e anatômicas de estacas semilenhosas de quatro cultivares de *Olea europaea* L.. Variando de -1 a 1, quanto mais próximo de 1, a correlação é forte e positiva e, quanto mais próximo de -1, a correlação é forte e negativa. Para valores próximos de zero não existe correlação entre as variáveis.

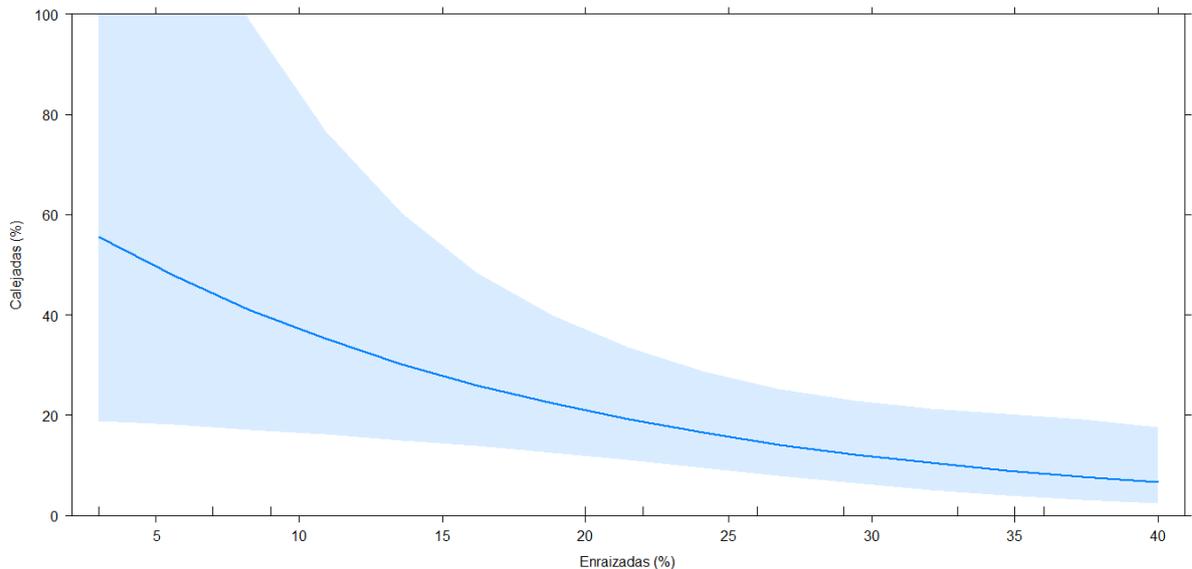
A cultivar Santa Catalina apresentou anel de esclerênquima mais espesso e igualmente espaçado em relação à esta estrutura de estacas das demais cultivares. Além disso, foram verificadas correlações positivas e negativas, ambas estatisticamente caracterizadas como moderadas ou fracas, entre a espessura e espaçamento deste anel e percentuais de enraizamento e calogênese das estacas. Estas respostas demonstram que o anel de esclerênquima é uma estrutura que não influencia no processo de enraizamento adventício nas estacas das cultivares em estudo.

A espessura do floema estatisticamente semelhante entre estacas das cultivares utilizadas neste estudo, a correlação fraca, positiva e insignificante entre a espessura deste tecido e o percentual de estacas enraizadas, bem como as correlações fracas e negativas entre a espessura do floema e a porcentagem de estacas calejadas, demonstram que o tecido floemático não influenciou no processo de enraizamento.

A espessura do córtex estatisticamente semelhante entre estacas das cultivares estudadas e as correlações fracas, negativas e insignificantes entre a espessura deste tecido e os percentuais de estacas enraizadas e calejadas, não permitem afirmar a influência deste tecido no enraizamento. Estes resultados não concordam com a afirmação dos autores Yamamoto e

Kozlowski (1987), que destacam auxina como uma indutora de hipertrofia de estruturas anatômicas.

A correlação entre a porcentagem de estacas calejadas e a porcentagem de estacas enraizadas foi forte e negativa (-0,77), demonstrando que quanto maior o percentual de estacas enraizadas, menor a porcentagem de estacas calejadas (Figura 6).



**Figura 6:** Gráfico de correlação entre a porcentagem de estacas enraizadas (%) e a porcentagem de estacas calejadas (%), onde representa-se que quanto maior o percentual de estacas calejadas, menor a porcentagem de estacas enraizadas.

No presente estudo, a cultivar Santa Catalina, que apresentou maior percentual de enraizamento, apresentou menor porcentagem de estacas calejadas. A correlação forte e negativa observada entre estes parâmetros corrobora com estudos de Han et al., (2009), que concluiu que em espécies com dificuldade de enraizamento observa-se apenas a formação de calos, responsáveis pela cicatrização da lesão causada na base da estaca.

Para Fachinello et al., (1995) a formação de calos não indica seguramente a formação de raízes adventícias em espécies que apresentam dificuldades de enraizamento, mas dependendo do tempo de sobrevivência das estacas e do estado dos calos, possivelmente aquelas que estiverem vivas e calejadas poderão enraizar. Os autores afirmam ainda que a potencialidade de uma estaca formar raízes é variável com a espécie e também com a cultivar.

Nas estacas da cultivar Maria da Fé observou-se, desde a coleta C1, reações moderadas (+) para presença de compostos fenólicos no córtex, no floema e na periderme. Nas coletas C2 e C3 constatou-se o mesmo comportamento nestes tecidos e também no câmbio. Na coleta C4 verificou-se reações intensas (++) nestes tecidos e ainda ao redor de raízes recém formadas. Em

estacas da coleta C5 tal comportamento repetiu-se apenas para floema e córtex (Tabela 1, Fig.7 – de A a E).

Para cultivar Santa Catalina foram verificadas reações moderadas (+) no floema e no córtex de estacas da coleta C1. A partir da coleta C2, observou-se reações intensas (++) nestes mesmos tecidos e também no câmbio e raízes recém formadas (Tabela 1; Fig. 7 – de F a J).

Reações moderadas (+) foram detectadas no floema, córtex e periderme na estaca da coleta C1 da cultivar Ascolano 315. Este mesmo comportamento foi observado no córtex das estacas da coleta C2, além de reações intensas (++) no floema. Em estacas da coleta C3, detectou-se reações moderadas (+) no câmbio, floema e periderme e reação intensa (++) no córtex. A periderme foi o único tecido em que observou-se reações em estacas da coleta C4 desta cultivar, sendo detectadas de forma moderada (+). Estacas da coleta C5 apresentaram reações intensas (++) no câmbio, floema, córtex, periderme e no entorno das raízes formadas (Tabela 1; Fig. 7 – de K a O).

Em estacas da cultivar Grappolo 541, das coletas C1, C2 e C3, observou-se reações moderadas (+) no floema, no córtex e na periderme. Na coleta C4, estacas desta cultivar demonstraram reações intensas (++) no câmbio e no entorno das raízes recém formadas. Já na coleta C5, esta mesma intensidade de reação foi observada no câmbio, floema e córtex (Tabela 1; Fig. 7 – de P a T).

		TECIDOS				
CULTIVAR		CÂMBIO	FLOEMA	CÓRTEX	PERIDERME	RAIZ
COL. 1	MF	-	+	+	+	-
	SC	-	+	+	-	-
	ASC	-	+	+	+	-
	GRA	-	+	+	+	-
CULTIVAR		CÂMBIO	FLOEMA	CÓRTEX	PERIDERME	RAIZ
COL. 2	MF	+	+	+	+	-
	SC	++	++	++	-	++
	ASC	-	++	+	-	-
	GRA	-	++	+	+	-
CULTIVAR		CÂMBIO	FLOEMA	CÓRTEX	PERIDERME	RAIZ
COL. 3	MF	+	+	+	+	-
	SC	++	++	++	-	++
	ASC	+	+	++	-	-
	GRA	-	+	+	+	-
CULTIVAR		CÂMBIO	FLOEMA	CÓRTEX	PERIDERME	RAIZ
COL. 4	MF	++	++	++	++	++
	SC	++	++	++	-	++
	ASC	-	-	-	+	-
	GRA	++	-	-	-	++
CULTIVAR		CÂMBIO	FLOEMA	CÓRTEX	PERIDERME	RAIZ
COL. 5	MF	-	++	++	-	-
	SC	++	++	++	-	++
	ASC	++	++	++	++	++
	GRA	++	++	++	-	-

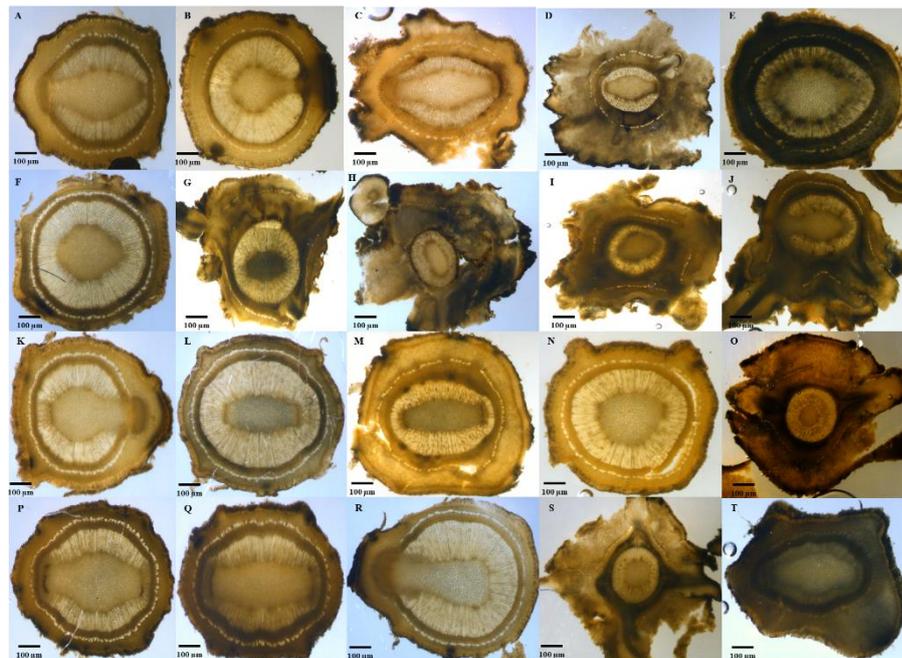
**Tabela 1:** Presença de compostos fenólicos nos tecidos de estacas semilenhosas de *Olea europaea* L. das 5 coletas demonstrada pela reação de cloreto férrico. O número de sinais indica a intensidade da reação: (-) sem reação, (+) reação moderada e (++) reação intensa.

No presente estudo, pode-se observar que houve deposição de compostos fenólicos na região de ruptura, na base das estacas. Este resultado corrobora com estudos de Janeiro (2011) em que esta resposta também foi verificada, confirmando o sistema de defesa representado por estes compostos. Atenta-se para reações intensas para presença de compostos fenólicos no câmbio de estacas enraizadas aqui observadas, uma vez que este foi verificado sendo o local onde originam-se os primórdios radiculares.

Compostos fenólicos, são uma rápida linha de defesa às lesões e infecções, atuando como substrato na ação de enzimas de defesa, como peroxidases e polifenoloxidasas (JANEIRO, 2011). Podem influenciar também sobre oxidases que degradam e inibem o AIA, associado à hipertrofia celular e crescimento de plantas (HORI, 1992; LATTANZIO, 2006; FERREIRA et al., 2017).

Sob estresse hídrico ou excesso de luz, por exemplo, os compostos fenólicos atuam evitando excesso de espécies reativas de oxigênio nas membranas celulares e organelas, protegendo-as da radiação e evitando a morte celular programada (GRASSMAN, 2002; HAITER et al., 2009; DIAS et al., 2013; ISAIAS, 2015; FERREIRA et al., 2017).

Além disso, Dickmann et al., (1980) sugerem que, em espécies lenhosas, a formação de raízes adventícias está relacionada ao diâmetro da estaca, relação esta oriunda do grau de lignificação e, conseqüentemente, do teor de compostos fenólicos e peroxidases.



**Figura 7:** secções transversais na região basal de estacas semilenhosas de *Olea europaea* L. demonstrando as reações correspondentes à presença de compostos fenólicos nos tecidos das cultivares Maria da Fé (de A a E), Santa Catalina (de F a J), Ascolano 315 (de K a O) e Grapolo 541 (de P a T). \*Escala 100µm.

## 4 CONCLUSÃO

Há variação do potencial de enraizamento em estacas das cultivares de oliveira. Há forte correlação negativa entre os percentuais de estacas calejadas e enraizadas, o que induz à conclusão de que o alto percentual de calogênese dificulta o enraizamento adventício.

O anel de esclerênquima, assim como o tecido floemático do qual faz parte e o córtex, são estruturas que não atuam diretamente como barreiras anatômicas ao enraizamento adventício de estacas semilenhosas de oliveira.

A presença de compostos fenólicos na região cambial, onde originam-se as novas raízes, levanta a possibilidade da influência dos mesmos sobre o enraizamento adventício. Além disso, estes compostos possuem relações estreitas com enzimas envolvidas no metabolismo e transporte da auxina, um reconhecido indutor de enraizamento adventício em várias espécies.

## 5 REFERÊNCIAS

ALVES, M. J. et al. Oliveira em Minas Gerais: história e agentes de desenvolvimento. In: OLIVEIRA, A. F. **Oliveira no Brasil: tecnologia de produção**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2012. Cap. 2, p. 41-69.

BASTOS, D. C.; PIO R.; FILHO, J. L. S.; LIBARDI, M. N.; ALMEIDA, L. F. P; Galuchi, T. P. D.; BALCKER, S. T. Propagation of red pitaya (*Hylocereus undatus*) by cuttings. **Ciênc. agrotec.** v. 30, n. 6, p. 1106-1109, nov./dez., 2006.

BUKATSH, F. Benerkemgem zeir doppelfarbeing astrablau-safranina. **Microkosmos**, v. 61, n. 8, 1972.

BURGER, L. M.; SPAHN, B. **Richter. Anatomia da madeira**. São Paulo: Editora Nobel, 1991.

Dias G. G.; Moreira G. R. P.; Ferreira, B. G.; Isaias, R. M. S. Why do the galls induced by *Calophya duvauae* Scott on *Schinus polygamus* (Cav.) Cabrera (Anacardiaceae) change colors? **Biochem System Ecol.** 2013; 48: 111–22.

DICKMANN, D.; PHIPPS, H; NETZER, D. 1980. Cutting Diameter Influences Early Survival and Growth of Several Populus Clones. **Research Note NC-261**. St. Paul, MN: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station.

ESAÚ, K. **Anatomia das plantas com semente**. 12<sup>a</sup> ed. São Paulo, Edgard Blucher, 1993. 293p.

FACHINELLO, J. C. Propagação de plantas frutíferas. **Embrapa Informação Tecnológica**; Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 1995.

FERREIRA, B. G.; FALCIONI, R.; GUEDES, L. M.; SOFIA, C. A.; ANTUNES, W. C.; LUIZ, A. SOUZA, L. A.; ISAIAS, R. M. S. Preventing False Negatives for Histochemical Detection of Phenolics and Lignins in PEG - Embedded Plant Tissues. **Journal of Histochemistry & Cytochemistry** 2017, Vol. 65(2) 105– 116.

FERRIANI, A. Estaquia e anatomia de vassourão-branco. **Scientia Agraria**, vol. 9, núm. 2, 2008, pp. 159-166 UFP, Brasil.

GOODIN, J. R. Anatomical changes associated with juvenile-to-ature growth phase transition in *Hedera*. **Nature**, v. 208, p. 504–505 (1965).

GRASSMAN J, HIPPELI S, ELSTNER E. F. Plant's defence and its benefits for animals and medicine: role of phenolics and terpenoids in avoiding oxygen stress. **Plant Physiol Biochem.** 2002; 40:471–8.

GUAN, L.; TAYENGWA, R.; CHENG, Z.; WENDY A. P.; MURPHY, A. S.; ZHAO, M. Auxin regulates adventitious root formation in tomato cuttings. **Plant Biology**, 2019.

HAN, H.; ZHANG, S.; SUN, X. A review on the molecular mechanism of plants rooting modulated by auxin. **African Journal of Biotechnology**, v. 8, p. 348-353, 2009.

HATIER, J. H. B., GOULD, K. S. Anthocyanin: function in vegetative organs. In: Gould K, Davies K, Winefield C, editors. Anthocyanins: Biosynthesis, functions, and applications. **New York: Springer Science and Business Media**; 2009. p. 1–12.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E. **Propagacion de plantas, principios y practicas**. México: CECSA, 1980. 814 p.

HARTMANN, H.T.; KESTER, D.E.; DAVIS JR., F.T.; GENEVE, R.L. Plant propagation: principles e practices. 8ed. **Boston: Prentice Hall**, 2011. 915 p.

HARTMANN, H.T.; KESTER, D.E.; DAVIS JR., F.T.; GENEVE, R.L. Plant propagation: principles and practices. 6ª ed. **New Jersey, Prentice-Hall**. 770p, 1990, 2002.

HILARE, R., BERWART, C., MUNÕZ, C. (1996). Adventitious root formation and development in cuttings of *Mussaenda erythrophylla* L. **HortScience**, 31(6), 1023-1025.

HORI K. **Insect secretions and their effect on plant growth, with special reference to hemipterans**. In: Shorthouse JD, Rohfritsch O, editors. Biology of insectinduced galls. Oxford: Oxford University Press; 1992. p. 157–70.

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. McGraw-Hill Book Company, Inc: London; 530p, 1940.

ISAIAS, R. M. S., OLIVEIRA, D. C., MOREIRA, A. S. F. P, SOARES, G. L. G., CARNEIRO, R. G. S. The imbalance of redox homeostasis in arthropod-induced plant galls: mechanisms of stress generation and dissipation, **Biochim Biophys Acta**. 2015; 1850:1509–17.

JANEIRO, A. R.. **Análise do teor de compostos fenólicos e de ligninas em diferentes órgãos vegetativos de espécies arbóreas nativas de diferentes grupos sucessionais** / Artur RODRIGUES JANEIRO. - Rio Claro: [s.n.], 2011 58 f.: il., figs., tabs. Trabalho de conclusão de curso (licenciatura e bacharelado – Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista.

LATTANZIO V., LATTANZIO V. M.T., Cardinali A. **Role of phenolics in the resistance mechanisms of plants against fungal pathogens and insects**. In: Imperato F, editor. *Phytochemistry: Advances in research*. Trivandrum, Kerala: Research Signpost; 2006. p. 23–67.

MARIOSIA, T. N. **Potencial de enraizamento de Estacas Semilenhosas de Oliveira (*Olea europaea* L.) inoculadas com Rizobactérias** / Dissertação (Mestrado) / Universidade Federal de Itajubá, Itajubá-MG, Brasil. 2014.

MARTÍN-PELÁEZ, S., COVAS, M. I., FITÓ, M., KUŠAR, A., & PRAVST, I. Health effects of olive oil polyphenols: recent advances and possibilities for the use of health claims. **Molecular nutrition & food research**, 2013, 57(5), 760-771.

MCCULLAGH, P.; NELDER, J. **Generalized Linear Models**. Second edition, Chapman & Hall. 1989.

MEDRADO, M. S. J.; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; COSTA, J. D. Alterações anatômicas em estacas de seringueira (*Hevea brasiliensis* clone RRIM 600) em resposta a diferentes técnicas de indução de enraizamento. **Scientia Agrícola**, v. 52, n. 1, p. 89-95, 1995.

O'BRIEN, T. P; FEDER, N.; MCCULLY, Mi E. Coloração policromática de paredes de células vegetais por azul de toluidina O. **Protoplasma**, v. 59, n. 2, pág. 368-373, 1964.

OLIVEIRA, M. C.; VIEIRA NETO, J.; OLIVEIRA, R. S.; PIO, R.; OLIVEIRA, N. C.; RAMOS, J. D. Enraizamento de estacas de duas cultivares de oliveira submetidas à aplicação de diferentes fertilizantes. **Bragantia**, v.69, p.99-103, 2010a.

OLIVEIRA, L. F.; De Oliveira, A. F.; Pio, R.; Ruiz Zambon; Oliveira, D. L. Enraizamento de estacas semilenhosas de cultivares de oliveira. **Bragantia**, vol. 71, núm. 4, 2012, pp. 488-492 Instituto Agrônômico de Campinas Campinas, Brasil.

PEIXE, A.; SERRAS, M.; CAMPOS, C.; ZAVATTIERI, M. A.; DIAS, M. A. S. **Adventitious rooting in olive (*Olea europaea* L.) cuttings: A histological evaluation**, 2007.

PEIXOTO, P. H. P.; PIMENTA, D. S.; CAMBRAIA, J. Alterações morfológicas e acúmulo de compostos fenólicos em plantas de sorgo sob estresse de alumínio, **Bragantia**, Campinas, v.66, n.1, p.17-25, 2007.

PIO, R.; BASTOS, D. C.; BERTI, A. J.; SCARPARE FILHO, J. A.; MOURÃO FILHO, F. de A. A.; Entelmann, F. A.; Alves, A. S. R.; Bettiol Neto, J. E. Enraizamento de diferentes tipos de estacas de oliveira (*Olea europaea* L.) utilizando-se ácido indolbutírico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras-MG, v. 29, n. 3, p. 562 – 567, jan./abr. 2005.

PORFIRIO, S.; CALADO, M. L.; NOCEDA, C.; CABRITA, M. J.; SILVA, M. G.; AZADI, P.; PEIXE, A. **Tracking biochemical changes during adventitious root formation in olive (*Olea europaea* L.)**. *Scientia Horticulturae*, Évora, p. 41-53, 05 mar. 2016.

SILVA, L. F. O. et al. Enraizamento de estacas semilenhosas de cultivares de oliveira, **Bragantia**, *Campinas*, v. 71, n. 4, p.488-492, 2012.

SILVA, L. F. O.; OLIVEIRA, A. F.; PIO, R.; ZAMBON, C. R.; OLIVEIRA, D. L. Enraizamento de estacas semilenhosas de cultivares de oliveira. **Bragantia**, v. 71, n.4, p. 488-492, 2012a.

SILVA, L. F. O.; OLIVEIRA, A. F.; PIO, R.; ZAMBON, C. R. Caracterização agronômica e carpométrica de cultivares de oliveira. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 3, p. 350-356, 2012b.

SILVA, T. F.; MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P.; GONÇALVES, Emerson Dias. **BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS NÃO SIMBIÓTICAS E ENRAIZAMENTO DE ESTACAS SEMILENHOSAS DE OLIVEIRA (*Olea europaea* L.)**. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 27, n. 01, p. 61-71, 29 jun. 2015.

STEFFENS, B.; RASMUSSEN, A. **The Physiology of Adventitious Roots**, *Plant Physiol.* Vol. 170, 2016.

TOFANELLI, M. B. D. **Enraizamento de estacas lenhosas e semilenhosas de cultivares de pessegueiro em diferentes concentrações de ácido indolbutírico**. 1999. 87f. 1999. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

TURNER, S. R. et al. Collapsed xylem phenotype of Arabidopsis identifies mutants deficient in cellulose deposition in the secondary cell wall. **Plant Cell**. 1997;9:689–701.

**UFPB - ANATOMIA VEGETAL**. UFPB. Disponível em:

[http://portal.virtual.ufpb.br/biologia/novo\\_site/Biblioteca/Livro\\_4/7-Anatomia\\_Vegetal.pdf](http://portal.virtual.ufpb.br/biologia/novo_site/Biblioteca/Livro_4/7-Anatomia_Vegetal.pdf).

Whetten, R.; Sederoff, R. Lignin Biosynthesis. **The Plant Cell**. Vol.7. Jul/1995. 1001-1013p.

XAVIER, A.; WENDLING, IVAR; DA SILVA, Rogério. **Silvicultura clonal. Princípios e Técnicas**. Editorial Universidad Federal de Vicosa. Vicosa, Minas Gerais, Brasil, 2009.

YAMAMOTO, F.; KOZLOWSKI, T. T. (1987). Effects of flooding, tilting of stems, and ethrel application on growth, stem anatomy and ethylene production of *Pinus densiflora* seedlings. **Journal of Experimental Botany**, 38(2), 293-310.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O processo de enraizamento adventício não é influenciado diretamente por estruturas anatômicas, que constituem apenas um obstáculo a mais a ser vencido pela nova raiz durante sua emergência.

A presença de compostos fenólicos na região cambial das estacas instiga à investigação de sua influência no processo de enraizamento adventício, uma vez que este tecido foi o local de origem de primórdios radiculares e estes compostos estão relacionados à biossíntese de AIA.