



**Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia**

**Mestrado em Engenharia Agronómica**

Dissertação

**Avaliação de duas soluções de poda manual no desempenho do protótipo da Máquina de Colheita Contínua de Azeitona (MCCA).**

**José Luís Martins Natário Ramalho**

Orientador(es) | António Fernando Dias

Évora 2025

---

---

---

---

---



**Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia**

**Mestrado em Engenharia Agronómica**

Dissertação

**Avaliação de duas soluções de poda manual no desempenho do protótipo da Máquina de Colheita Contínua de Azeitona (MCCA).**

**José Luís Martins Natário Ramalho**

Orientador(es) | António Fernando Dias

Évora 2025

---

---

---

---



A dissertação foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor da Escola de Ciências e Tecnologia:

Presidente | Vasco Fitas da Cruz (Universidade de Évora)

Vogais | António Fernando Dias (Universidade de Évora) (Orientador)  
João Manuel Serrano (Universidade de Évora) (Arguente)

## **Agradecimentos**

Aos meus pais, irmãos e avós por todo o apoio que me deram ao longo da realização deste trabalho sem a ajuda dos quais não teria sido concluído.

Ao meu orientador, o Professor Doutor António Fernando Bento Dias pela extrema disponibilidade e extrema dedicação para orientar este trabalho.

À Torre das Figueiras Sociedade Agrícola Lda, em especial ao Engenheiro José Maria Falcão e ao Engenheiro José Manuel Reis pela disponibilização de todos os meios para a realização desta dissertação.

À Professora Doutora Ana Cristina Gonçalves pelo seu contributo e auxílio neste trabalho.

Aos meus colegas e amigos Eduardo Cascalheira, Ivo Dias, João Rento, Jorge Saragoça, Thomas Pickard e Tomás Monteiro, pela sua ajuda na recolha de dados e/ou por terem sido bons conselheiros e fonte de motivação.

Agradeço então a todos os que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

## **Resumo - Avaliação de duas soluções de poda manual no desempenho do protótipo da Máquina de Colheita Contínua de Azeitona (MCCA)**

Este trabalho teve por objetivo avaliar a influência de duas soluções de poda manual na produção de azeitona e na eficiência de colheita do protótipo da Máquina de Colheita em Contínuo de Azeitona (MCCA), no ano seguinte à sua execução, num olival intensivo da variedade ‘Galega vulgar’. Foram definidas as seguintes modalidades de poda: tratamento 1 – árvores com copa com parte central sem ramos (centro vazio) e tratamento 2 – árvores com copa com parte central em “V”. Avaliaram-se os seguintes parâmetros: dimensão das árvores, dimensão da copa, evolução da maturação dos frutos, produção, eficiência de colheita e distribuição da azeitona pela copa da oliveira. As intervenções de poda não originaram diferenças significativas na dimensão das árvores, na produção de azeitona e nos parâmetros referentes à sua maturação e na distribuição da azeitona pela copa das árvores. Não se verificaram diferenças significativas entre as duas alternativas de remoção dos ramos da parte interior da copa na eficiência de colheita de azeitona com a MCCA. Dada a dificuldade da MCCA em destacar a azeitona na parte interior da copa em olivais intensivos, estes resultados sugerem que seria melhor optar pela remoção anual dos ramos produtivos do interior da copa.

**Palavras-chave:** azeitona “Galega vulgar”; protótipo da MCCA; alternativas de poda manual; produção; eficiência de colheita.

**Abstract - Evaluation of two manual pruning solutions on the performance of the Row-Side Continuous Canopy Shaking Harvester (MCCA) prototype**

This work aimed to evaluate the influence of two manual pruning solutions on olive production and on the harvesting efficiency of the Row-Side Continuous Canopy Shaking Harvester prototype, in the year following its implementation, in a high density olive grove of ‘Galega vulgar’ variety. Two treatments were defined with different training systems: treatment 1 – trees with a canopy with a central part without branches (empty center) and treatment 2 – trees with a canopy with a central part in a “V”. The following parameters were evaluated: tree size, canopy size, fruit ripening evolution, production, harvest efficiency and distribution of olives throughout the olive tree canopy. Pruning interventions did not lead to significant differences in tree size, olive production, olive maturation and olive distribution throughout the canopy. No significant differences were found between treatments regarding olive harvesting efficiency. The prototype’s difficulty to detach the olive fruits in the inner zone of the canopy suggest that would be better the option for the annual removal of shoots in that part of the canopy

**Keywords:** “Galega vulgar” olive; MCCA prototype; manual pruning systems; production; harvesting efficiency.

## Índice Geral

<b>Agradecimentos .....</b>	<b>i</b>
<b>Resumo - Avaliação de duas soluções de poda manual no desempenho do protótipo da Máquina de Colheita Contínua de Azeitona (MCCA).....</b>	<b>ii</b>
<b>Abstract - Evaluation of two manual pruning solutions on the performance of the Row-Side Continuous Canopy Shaking Harvester (MCCA) prototype.....</b>	<b>iii</b>
<b>Índice Geral.....</b>	<b>iv</b>
<b>Índice de Figuras .....</b>	<b>vi</b>
<b>Índice de Tabelas .....</b>	<b>x</b>
<b>Abreviaturas .....</b>	<b>xi</b>
<b>1. Introdução.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Objetivos .....</b>	<b>2</b>
<b>2. Revisão bibliográfica.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. A importância do olival em Portugal .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2. Breve referência ao olival intensivo .....</b>	<b>6</b>
<b>2.3 Breve referencia ao desenvolvimento da colheita mecânica de azeitona .....</b>	<b>7</b>
2.3.1. Semirreboque enrolador de panos .....	8
2.3.2. Apara-frutos .....	11
2.3.3. Plataformas para destaque e recolha .....	12
<b>2.4. Colheita mecânica de azeitona por vibração de tronco .....</b>	<b>14</b>
2.4.1. Olivais tradicionais.....	14
2.4.2. Olivais intensivos .....	15
2.4.2.1. Colheita com enrolador de panos .....	15
2.4.2.2. Colheita com apara-frutos .....	15
2.4.2.3. Colheita com plataformas recolhedoras .....	16
2.4.2.4. Síntese de resultados de ensaios de colheita em Olivais intensivos.....	17
2.4.3. Condicionamentos da colheita de azeitona por vibração do tronco .....	17
<b>2.5. Colheita em contínuo .....</b>	<b>20</b>
2.5.1. Desenvolvimento da colheita em contínuo em olival superintensivo .....	22
2.5.2. Desenvolvimento de colheita em contínuo noutras tipologias de olival.....	23
2.5.2.1. Olival para produção de azeitona para mesa .....	23
2.5.2.2. Olival tradicional Andaluz .....	24
2.5.2.3. Olival intensivo australiano .....	26
2.5.2.4. Olival intensivo em Portugal .....	26
2.5.3. Influência da poda no desempenho de vibrador de copa .....	27
2.5.3.1. Experiência californiana .....	27
2.5.3.2. Experiência espanhola .....	28

2.5.3.3. Experiência portuguesa .....	29
2.5.4. A importância da poda no desempenho dos vibradores de copa.....	30
<b>3. Material e métodos .....</b>	<b>32</b>
<b>3.1. Olival.....</b>	<b>33</b>
<b>3. 2. Equipamentos.....</b>	<b>34</b>
3.2.1. Máquina de podar de discos .....	34
3.2.2. Máquina de podar abas.....	36
3.2.3. Poda manual .....	39
3.2.4. Máquina de colheita em Contínuo de Azeitona (MCCA).....	39
<b>3. 3. Metodologia .....</b>	<b>43</b>
3. 3. 1. Parâmetros avaliados.....	46
3.3.1.1. Tempos de poda.....	46
3.3.1.2. Dimensão das árvores.....	46
3.3.1.3. Monitorização da maturação da azeitona .....	46
3.3.1.3.1. Determinação do índice de maturação .....	47
3.3.1.3.2. Determinação do teor de gordura.....	48
3.3.1.4. Avaliação da distribuição da azeitona pela copa da oliveira .....	49
3.3.1.5. Produção .....	50
<b>3.4. Análise estatística .....</b>	<b>54</b>
<b>4. Apresentação e discussão de resultados .....</b>	<b>55</b>
<b>4.1. Capacidade de trabalho na operação de poda .....</b>	<b>56</b>
<b>4.2. Dimensão das árvores .....</b>	<b>57</b>
<b>4.3. Monitorização da maturação da azeitona .....</b>	<b>61</b>
4.3.1. Força de destaque .....	61
4.3.2. Massa dos frutos.....	63
4.3.3. Relação entre a força de destaque e massa dos frutos.....	65
4.3.4. Índice de maturação .....	66
4.3.5. Teor em gordura na azeitona.....	68
<b>4.4. Produção de azeitona.....</b>	<b>72</b>
<b>4.5. Classificação da produção.....</b>	<b>74</b>
<b>5. Conclusões.....</b>	<b>81</b>
<b>6. Referências bibliográficas.....</b>	<b>83</b>

## Índice de Figuras

Figura 2.1 -Vibrador automotriz OMC importado dos EUA.....	7
Figura 2.2 -Vibrador com apara-frutos SR12.....	8
Figura 2.3 -Semi-reboque enrolador de panos.....	9
Figura 2.4 -Vibração da árvore.....	9
Figura 2.5 -Semi-reboque enrolador de panos a recolher o pano.....	10
Figura 2.6 -Descarga para pano com argolas.....	10
Figura 2.7 -Aspeto da lona do apara-frutos.....	11
Figura 2.8 -Apara-frutos na posição de recolha (aberto).....	11
Figura 2.9 -Vibrador automotriz com apara-frutos fechado.....	12
Figura 2.10 -Plataformas recolhedoras em trabalho.....	12
Figura 2.11 -Plataforma inclinada com palotes.....	13
Figura 2.12 -Aspeto das plataformas para destaque e recolha de azeitona.....	13
Figura 2.13 -Korvan self-propelled system.....	20
Figura 2.14 -Colhedora Oxbo rebocada por trator.....	20
Figura 2.15 -Colhedora Korvan 9200 na colheita do café.....	20
Figura 2.16 -Colhedora Jacto K 3500 na colheita do café.....	20
Figura 2.17 -Colhedora para framboesas JAGODA 300.....	21
Figura 2.18 -Colhedora para Jatropha.....	21
Figura 2.19 -Gregoire G133V – primeira colhedora em continuo de olival.....	22
Figura 2.20 -New Holland 11.90X.....	23
Figura 2.21 -Vibrador de copa Oxbo 3210 em ensaio na Andaluzia.....	24
Figura 2.22 -Protótipo do colhedor por vibração à copa em trabalho.....	25
Figura 2.23 -Máquina de colheita em continuo Colossus XL.....	26
Figura 2.24 -Aspeto da parte posterior da MCCA.....	27
Figura 2.25 -Protótipo Korvan utilizado no ensaio na Califórnia.....	28
Figura 2.26 -Protótipo de colhedora em continuo elaborada pela Universidade de Córdoba e pela empresa Maqtec .....	28
Figura 2.27 -Aspeto do sacudidor de copa do protótipo elaborado pela Universidade de Córdoba e pela empresa Maqtec.....	29
Figura 2.28 -Sequência das intervenções de poda por tratamento no ensaio realizado por Dias <i>et al.</i> (2023).....	30
Figura 3.1 -Localização da parcela de olival do ensaio.....	33

Figura 3.2 -Máquina de podar de discos R&O, montada no carregador frontal de um trator.....	34
Figura 3.3 -Componentes do sistema hidráulico da máquina de podar de discos.....	35
Figura 3.4 -Máquina de podar de discos R&O.....	35
Figura 3.5 -Máquina de podar de discos em trabalho.....	36
Figura 3.6 -Máquina de podar abas iDavid PFO-1-D.....	36
Figura 3.7 -Órgãos ativos da máquina de podar abas iD-David PFO-1-D.....	37
Figura 3.8 -Reservatório de óleo montado frontalmente em trator.....	37
Figura 3.9 -Componentes hidráulicos da máquina de podar abas iD-David PFO-1-D montados na frente do trator.....	38
Figura 3.10 -Vista frontal da máquina de podar abas iD- David PFO-1-D em trabalho.....	38
Figura 3.11 -Poda manual.....	39
Figura 3.12 -Máquina de Colheita Contínua de Azeitona.....	39
Figura 3.13 -Mastro vibratório interagindo com a copa.....	40
Figura 3.14 -Interface máquina-árvore.....	40
Figura 3.15 -“Big-bag” suspenso em forquilha.....	41
Figura 3.16 -Vista posterior da unidade esquerda da MCCA.....	42
Figura 3.17 -Vista de cima do interior da copa de uma árvore do tratamento 1, após a poda.....	43
Figura 3.18 -Vista de cima do interior da copa de uma árvore do tratamento 2, após a poda.....	44
Figura 3.19 -Esquema com a distribuição do ensaio no campo.....	44
Figura 3.20 -Vista de uma das entrelinhas do ensaio após o corte com a máquina de podar abas.....	45
Figura 3.21 -Dinamómetro a executar a medição da força de destaque.....	47
Figura 3.22 -Evolução das cores da azeitona ao longo da maturação.....	48
Figura 3.23 -A-Moinho de martelos; B-Foss olivia <sup>Tm</sup> .....	48
Figura 3.24 -Esquema das zonas da copa utilizadas na classificação vertical.....	49
Figura 3.25 -Esquema das zonas da copa utilizadas na classificação radial.....	50
Figura 3.26 -Pano colocado no solo no lado oposto à unidade esquerda da MCCA.....	51
Figura 3.27 -MCCA a passar por cima de pano previamente colocado no solo.....	52
Figura 3.28 -Colheita com varejadores portáteis.....	52

Figura 4.1 -Evolução da força de destaque da azeitona (valores médios) ao longo do período de monitorização.....	61
Figura 4.2 -Força de destaque da azeitona (valores médios), em cada tratamento e por data de amostragem.....	62
Figura 4.3 -Evolução da massa por fruto (valores médios) ao longo do período de monitorização.....	63
Figura 4.4 -Massa por fruto (valores médios) em cada tratamento e por data de amostragem.....	64
Figura 4.5 -Evolução do índice RP (valores médios), ao longo do período de monitorização.....	65
Figura 4.6 -Índice RP (valores médios) em cada tratamento e por data de amostragem.....	66
Figura 4.7 -Evolução do índice de maturação (valores médios) ao longo do período de monitorização.....	67
Figura 4.8 -Índice de maturação da azeitona (valores médios) em cada tratamento e por data de amostragem.....	67
Figura 4.9 -Evolução do teor em gordura e humidade da azeitona (valores médios).....	68
Figura 4.10 -Teor de humidade da azeitona (valores médios) por tratamento em cada uma das datas.....	69
Figura 4.11 -Teor em gordura (valores médios) por tratamento em cada uma das datas de amostragem.....	70
Figura 4.12 -Teor em gordura na matéria seca (valores médios) em cada tratamento e por data de amostragem.....	71
Figura 4.13 -Classificação vertical da distribuição da produção de azeitona antes e depois da colheita em ambas as faces laterais da copa.....	75
Figura 4.14 -Classificação da produção antes e depois da colheita, em cada tratamento na face lateral da copa virada a sudeste.....	76
Figura 4.15 -Classificação da produção antes e depois da colheita, em cada tratamento na face lateral da copa virada a noroeste.....	77
Figura 4.16 -Classificação da distribuição radial da produção em cada zona, antes e depois da colheita.....	78
Figura 4.17 -Classificação radial da produção em cada zona, por tratamento e antes da colheita.....	79

Figura 4.18 -Classificação radial da produção em cada zona, por tratamento e depois da colheita.....80

## Índice de Tabelas

Tabela 2.1 -Distribuição da área de olival para azeite do Alentejo e do país pela densidade de plantação .....	4
Tabela 2.2 -Tipologia dos olivais em Espanha.....	5
Tabela 2.3 -Capacidade de trabalho (Ct) em função da solução de colheita utilizada ...	17
Tabela 3.1 -Sequência das intervenções de poda realizadas em cada tratamento .....	45
Tabela 3.2 -Parâmetros de funcionamento da MCCA.....	51
Tabela 3.3 -Cronologia das Intervenções no ensaio .....	53
Tabela 4.1 -Capacidades de trabalho na realização das intervenções de poda.....	56
Tabela 4.2 -Dimensão das árvores após a poda de 2020 (média ± desvio padrão).....	57
Tabela 4.3 -Dimensão das árvores antes da época de colheita de 2020 (média ± desvio padrão).....	58
Tabela 4.4 -Dimensão das árvores após a poda de 2021 (média ± desvio padrão).....	59
Tabela 4.5 -Dimensão das árvores antes da colheita de 2021 (média ± desvio padrão)	59
Tabela 4.6 -Produção de azeitona e eficiência de colheita por tratamento, em 2021 (média ± desvio padrão) .....	72

## **Abreviaturas**

4WD – four wheel drive (tração nas quatro rodas)

árv. / (hora\* pessoa) – Árvores por hora e por pessoa

árv. /h – Árvores por hora

C20 – Antes da colheita em 2020

C21 – Antes da colheita em 2021

CEE – Comunidade Económica Europeia

Ct – Capacidade de trabalho

Fig. – Figura

GMS – Gordura na matéria seca

ha – Hectare

ha/h – Hectare por Hora

Hz – Hertz

IFAPA – Instituto Andaluz de Investigação e Formação Agrária

IM – Índice de Maturação

kg / (h\* pessoa) – Quilogramas por hora e por pessoa

km/hora – Quilómetros por hora

kW – Quilowatts

L. – Largura

m/hora – Metros por hora

MCCA – Máquina para a Colheita em Contínuo de Azeitona

mm – Milímetros

MS – Matéria seca

N.d. – não determinado.

OMC – Orchard Machinery Corporation

P20 – Após a poda em 2020

P21 – Após a poda em 2021

Perp. – Perpendicular

PI – Proteção Integrada

RP – Índice que relaciona a força necessária para o destaque dos frutos (R) e a massa dos frutos (P)

T1 – Tratamento 1

T2 – Tratamento 2

TDF – Tomada de força do trator agrícola

## 1. Introdução

O aumento da densidade de plantação dos olivais surge a partir dos anos 80 do século XX, momento em que o azeite começa a ser mais valorizado para o consumo humano em detrimento de outros óleos (Reis, 2014). As políticas de desenvolvimento da agricultura portuguesa que apareceram após Portugal aderir à União Europeia (inicialmente Comunidade Económica Europeia (CEE)) também fomentaram o aparecimento de novos olivais. Inicialmente os novos olivais tinham entre 200 a 400 árvores por hectare; no princípio do século XXI iniciou-se a plantação de olivais superintensivos ou em sebe com cerca de 1500 a 2000 árvores por hectare.

A colheita da azeitona nos olivais em sebe é totalmente mecanizada e realizada em contínuo, o que tem contribuído para o aumento deste tipo de olivais.

No caso dos olivais intensivos a colheita baseia-se na utilização do vibrador de tronco que é um método descontínuo. Apesar de existirem soluções totalmente mecanizadas (vibrador + aparta-frutos) em grande parte dos casos é necessário dispor de mão de obra para movimentar os painéis onde é recolhida a azeitona destacada pelo vibrador.

A colheita de frutos em contínuo além do olival em sebe é praticada em culturas como o cafeeiro, os laranjais destinados à produção de laranja para sumo, a jatropha e pequenos frutos como amoras, framboesas e mirtilos. Nestas culturas são utilizadas, máquinas que destacam os frutos por vibração da copa.

Com o objetivo de encontrar uma solução para a colheita em contínuo do olival intensivo, a equipa de mecanização do Departamento de Engenharia Rural da Universidade de Évora, iniciou em 2009 o desenvolvimento de um protótipo intitulado Máquina para a Colheita em Contínuo de Azeitona (MCCA).

Durante os ensaios com o protótipo da MCCA, constatou-se que a azeitona no interior da copa das árvores e nas zonas viradas para a linha de plantação era destacada com pouca eficiência. Em face destes resultados a equipa do projeto MCCA entendeu que se devia avaliar o efeito de soluções de poda que levassem a que a azeitona estivesse localizada em zonas da copa mais acessíveis para a MCCA.

Este trabalho mostra os resultados obtidos no segundo ano após o estabelecimento de um ensaio de poda de adaptação da copa em olival intensivo para colheita com a MCCA.

## **1.1. Objetivos**

Este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito de duas soluções de poda no ano seguinte á sua realização na produção de azeitona e na eficiência de colheita do protótipo da máquina de colheita continua (MCCA).

## **2. Revisão bibliográfica**

## 2.1. A importância do olival em Portugal

Segundo o Recenseamento Geral Agrícola de 2019 (INE, 2021), o olival é em termos de área uma das principais culturas permanentes, ocupando 377 234 ha (Tabela 2.1), sendo maioritariamente destinado à produção de azeitona para azeite (98,9%). O Alentejo é a principal região olivícola com uma área de 195 990 ha, o que corresponde a 52,6% da área de olival para azeite do país, contribuindo com 82,9% dos 169 milhões de euros que provêm da produção de azeitona no país (INE, 2021).

O INE (2021) considera 6 classes de densidade de plantação para os olivais (Tabela 2.1), que divergem da tipologia geralmente utilizada de olival tradicional, olival intensivo e olival superintensivo (Jordão & Almeida, 2014). Estas contradições tornam difícil avaliar com rigor qual a área ocupada por cada tipo de olival. Jordão e Almeida (2014) classificam o olival como tradicional quando possui menos de 200 plantas por ha, como olival intensivo quando possui entre 200 e 999 plantas por ha e como olival superintensivo quando possui 1000 ou mais plantas por ha.

Tabela 2.1 -Distribuição da área de olival para azeite do Alentejo e do país pela densidade de plantação

Densidade de plantação (árv. /ha)	Área em 2019			
	Alentejo		País	
	(ha)	% da área total	(ha)	% da área total
Classe 1: 45 a 60	18 913	9,7	54 090	14,5
Classe 2: 61 a 100	41 024	21,0	83 898	22,5
Classe 3: 101 a 300	59 640	30,4	146 770	39,35
Classe 4: 301 a 700	20 938	10,7	28 486	7,64
Classe 5: 701 a 1500	6 285	3,2	8 385	2,25
Classe 6: Mais de 1500	49 190	25,1	51 327	13,76
Total	195990	100	372 956	100

Fonte: Adaptado de INE, 2021

O olival intensivo é aquele onde existem mais dúvidas sobre quais as densidades de plantação que abrange. Barroso *et al.* (2013) indicam como olivais intensivos todos os que tenham uma densidade de plantação entre 200-450 árvores por hectare e faz referência a uma nova tipologia: o olival de alta densidade, onde o número de árvores por hectare varia entre 600 e 800. Segundo estes autores esta tipologia de olival está muito

dependente das soluções de colheita mecânica disponíveis, podendo ser conduzidos na forma de vaso alto ou de eixo central, originando a condução na forma de sebe.

Relativamente à falta de consenso na classificação dos tipos de olival mostra-se na tabela 2 os resultados do trabalho de Vilar *et al.* (2019) para Espanha. Estes autores dividem o olival em 3 grandes grupos: tradicional, moderno em copa e moderno em sebe. Esta classificação tem semelhanças com a classificação portuguesa de tradicional, intensivo e superintensivo.

No entanto Vilar *et al.* (2019) consideram ainda subclasses, nomeadamente se o olival é regado ou de sequeiro. No caso dos olivais tradicionais utiliza ainda uma classificação intermédia baseada na inclinação do solo, a qual está muito adaptada às características dos olivais espanhóis.

Tabela 2.2 -Tipologia dos olivais em Espanha

Tipologia	Inclinação	Regime hídrico	Percentagem da área total	Superfície (ha)	Percentagem área total	Superfície (ha)
Tradicional	Inclinação alta	Sequeiro	31,55	3635000	70,00	8063473
		Regadio	0,61	70648		
	Inclinação moderada	Sequeiro	27,74	3195000		
		Regadio	10,09	1162825		
Moderno em copa	Sequeiro	3,38	389000	22,56	2598256	
	Regadio	19,18	2209256			
Moderno em Sebe	Sequeiro	0,03	3200	7,45	857872	
	Regadio	7,42	854672			
<b>Total</b>			100	11519601	100	11519601

Fonte: Vilar *et al.* (2019)

Segundo Vilar *et al.* (2019), em Portugal o olival tradicional ocupa 37,2% da área, o olival moderno em copa que ocupa 33,2% e o olival em sebe abrange cerca de 29,6% da área.

Da conjugação da área total de olival existente em Portugal (Tabela 2.2) com as percentagens referidas por Vilar *et al.* (2019), verifica-se que a área de olival moderno conduzido em copa ou intensivo será de cerca de 123 000 ha.

## 2.2. Breve referência ao olival intensivo

Segundo Tous (2011) o aparecimento do olival designado por intensivo verificou-se na década de 70 do século XX. Estes olivais diferenciam-se dos olivais tradicionais por terem maiores densidades de plantação com um maior aproveitamento do espaço disponível, levando a uma maior produção de azeitona por hectare.

Segundo Figueira (2010), em Portugal os primeiros olivais intensivos tinham cerca de 156 árvores/ha (8m\*8m) e depois passou-se a utilizar a densidade de plantação de 204 árvores por hectare (7m\*7m).

Nos anos 80 do século XX, principalmente com a adesão à CEE, continuou a aumentar a densidade de plantação tendo sido instalados muitos olivais com 238 árvores por hectare (7m\*6m) e com 285 árvores por hectare (7m\*5m) (Rento, 2022).

Nos olivais intensivos podem ser utilizadas todas as variedades, embora nos programas de fomento olivícola, associados à adesão de Portugal à referida CEE, recomendava-se as variedades Blanqueta, Conserva de Elvas, Redondil, Carrasquenha, Verdeal e Cordovil, por maior capacidade produtiva e maior aptidão para colheita por vibração ao tronco (Figueira, 2010). No entanto não se encontraram registos da área de olival ocupada por cada variedade.

Segundo Tous (2011), no olival intensivo (200 a 700 árv. /ha) as cultivares mais usadas mostram bons resultados nas suas zonas de origem, principalmente para as variedades mais destacadas de Espanha (Picual, Arbequina, Hojiblanca, Empeltre, etc.), Itália (Frantoio, Leccino, Coratina, Carolea, etc.), Grécia (Koroneiki), Israel (Barnea) e França (Picholine).

### 2.3 Breve referencia ao desenvolvimento da colheita mecânica de azeitona

Segundo Sierra (1996) em Espanha fabricaram-se os primeiros vibradores para colheita mecânica de azeitona no início da década de 70 do século XX, devido à necessidade de ultrapassar a dificuldade que se fazia sentir na obtenção de mão-de-obra para a colheita manual.

Em Portugal foi também na década de 70 do século XX que se iniciou a colheita mecânica de azeitona. No Alentejo o Engenheiro José Franco de Oliveira Falcão foi o primeiro agricultor a realizar a colheita mecânica de azeitona, tendo em 1974 importado dos Estados Unidos da América dois vibradores automotrizes multidirecionais OMC (Orchard Machinery Corporation) (Figura 2.1). Estas máquinas eram utilizadas na colheita de frutos secos, pelo que houve a necessidade de as adaptar às condições portuguesas e à colheita da azeitona (Almeida, 2002).



**Fonte:** António Dias

Figura 2.1 -Vibrador automotriz OMC importado dos EUA.

Tal levou a que mais tarde a empresa americana lhe tenha concedido permissão para construir um modelo para montar frontalmente em trator. Até ao início da década de 90, fabricou cerca de vinte unidades que foram vendidas a explorações agrícolas situadas desde a Beira Baixa até ao Baixo Alentejo (Almeida, 2002).

Na mesma época, no nordeste Transmontano o Engenheiro Camilo António de Almeida Gama Lemos Mendonça, através dos núcleos de mecanização da Federação dos Grémios do Nordeste Transmontano, importou e difundiu naquela região um equipamento de origem italiana constituído por vibrador e apara-frutos (Figura 2.2) – SR12 (Almeida, 2002).



Fonte: Vieri e Bo (2001)

Figura 2.2 -Vibrador com apara-frutos SR12.

Os equipamentos indicados anteriormente destinavam-se à colheita da azeitona em olivais tradicionais, tendo havido uma progressiva generalização da utilização do vibrador de tronco nas décadas de 80 e 90 do século XX, nomeadamente em explorações que pela sua dimensão justificavam a aquisição deste tipo de equipamento.

O vibrador de tronco destaca a azeitona das árvores, a qual é recolhida em panais movimentados manualmente por mão-de-obra auxiliar.

A crescente dificuldade em encontrar mão-de obra para movimentação dos panos levou ao desenvolvimento de soluções mecanizadas alternativas para recolha da azeitona.

Tombesi (1990), Sierra (1996), referem como soluções alternativas para recolha da azeitona, os enroladores de panos e os para-frutos.

Ruiz-Altisent *et al.* (1993), Barasona Mata (1994) e Porras (1999) referem ainda a possibilidade de se utilizarem plataformas recolhedoras.

### 2.3.1. Semirreboque enrolador de panos

Os enroladores de panos são equipamentos que fazem a movimentação dos panos para a recolha da azeitona de forma parcialmente mecanizada. Têm uma extremidade do pano fixa num veio apoiado na unidade de armazenamento temporário de azeitona ligada ao trator e a outra extremidade livre (Figura 2.3).



**Fonte:** António Dias

Legenda: 1 – Extremidade do pano livre; 2 – extremidade do pano fixa ao enrolador de panos.

Figura 2.3 -Semi-reboque enrolador de panos.

Um dispositivo hidráulico acionado a partir do trator permite que o pano seja enrolado ou desenrolado no veio acima referido. Ao desenrolar o pano a extremidade livre necessita que dois operadores auxiliares puxem o pano e o coloquem na projeção da copa para recolha da azeitona (Figura 2.4).



**Fonte:** António Dias

Figura 2.4 -Vibração da árvore.

De seguida faz-se a vibração da árvore (Figura 2. 4) para destacar a azeitona. Após a vibração da oliveira o dispositivo hidráulico enrola o pano sendo a azeitona

descarregada gradualmente na unidade de armazenamento temporário (Figura 2.5). Os operadores auxiliares seguram na extremidade livre do pano para evitar a queda de azeitona para o solo.



**Fonte:** António Dias

Figura 2.5 -Semi-reboque enrolador de panos a recolher o pano.

Quando a caixa de armazenamento temporário fica cheia, a azeitona é descarregada para panais com argolas nos vértices (Figura 2.6), sendo essa azeitona carregada mais tarde para levar para o lagar.



**Fonte:** António Dias

Figura 2.6 -Descarga para pano com argolas.

### 2.3.2. Apara-frutos

É um equipamento para recolha da azeitona que se monta por baixo do vibrador de tronco de modo a assegurar a receção da azeitona destacada. É constituído por uma caixa metálica na qual se apoia um sistema “apara-frutos” constituído por uma estrutura tubular que suporta uma lona (Figura 2.7).



Figura 2.7 -Aspetto da lona do apara-frutos.

O sistema apara-frutos é acionado hidraulicamente de modo a definir um cone em torno da copa da árvore para recolha da azeitona (Figura 2.8) sendo rebatido para movimentação entre árvores (Figura 2.9).



**Fonte:** António Dias

Figura 2.8 -Apara-frutos na posição de recolha (aberto).



**Fonte:** António Dias

Figura 2.9 -Vibrador automotriz com apara-frutos fechado.

Segundo Ruiz-Altisent *et al.* (1993), para que o apara-frutos funcione com eficácia é necessário que as oliveiras sejam de um só tronco e que a sua colocação na árvore não seja inviabilizada pela presença de pernas inseridas próximo do solo.

### 2.3.3. Plataformas para destaque e recolha

É uma solução alternativa de colheita de azeitona que consiste na utilização de duas plataformas recolhedoras inclinadas colocadas paralelamente á linha de oliveiras (Figura 2.10).



**Fonte:** Coe Orchard Equipment

Figura 2.10 -Plataformas recolhedoras em trabalho.

A maioria dos modelos existentes no mercado baseia-se em unidades automotrizes, que suportam uma estrutura sob a forma de planos inclinados para dirigirem a azeitona destacada para tapetes transportadores que a descarregam num sistema de armazenamento temporário (Figura 2.11).

O sistema de armazenamento temporário consiste numa estrutura de suporte para palotes que vão sendo descarregados no olival a medida que ficam cheios.



**Fonte:** Coe Orchard Equipment

Figura 2.11 -Plataforma inclinada com palotes.

Uma das unidades suporta um vibrador de tronco colocado por baixo da plataforma (Figura 2.12), enquanto que a outra unidade se limita a fazer a recolha da azeitona. Cada uma das unidades tem um dispositivo interface máquina-árvore para evitar a queda de azeitona para o solo (Figura 2.12).



**Fonte:** Coe Orchard Equipment

Legenda: Shaker C7 M – plataforma com vibrador de tronco; Receiver L2 – plataforma de recolha sem vibrador.

Figura 2.12 -Aspetto das plataformas para destaque e recolha de azeitona.

A colocação em trabalho necessita que cada uma das unidades fique paralela à linha de árvores. No caso da unidade que tem o vibrador de tronco é ainda necessário

garantir que este fique perpendicular ao tronco da árvore. Um mecanismo hidráulico permite a fixação do vibrador no tronco para proceder à vibração da árvore. Terminada a vibração o vibrador recolhe e a máquina avança até à árvore seguinte.

## **2.4. Colheita mecânica de azeitona por vibração de tronco**

### **2.4.1. Olivais tradicionais**

Em Portugal, Peça (2000) avaliou a utilização de apara-frutos e de um enrolador de panos como alternativa à utilização de mão de obra para movimentação dos panais de recolha da azeitona.

Segundo Almeida (2002), a capacidade de trabalho das soluções mecanizadas alternativas para a recolha de azeitona referidas por Peça (2000) foi menor do que a capacidade de trabalho da solução de recolha em panais movimentados manualmente (36 a 90 árv. /h). A recolha em apara-frutos variou entre as 22 e as 74 árv. /h enquanto a recolha com enrolador de panos variou entre as 27 e as 64 árv. /h.

As capacidades de trabalho obtidas permitiram verificar que a opção de recolha com apara-frutos era a que permitia colher azeitona com menor custo de colheita, mas a recolha da azeitona em panais permite colher o olival mais rapidamente, desde que os trabalhadores que movimentam os panais sejam eficientes (Peça *et al.*, 2000). A colheita com vibrador e apara-frutos tem um menor custo pelo facto de apenas ser necessário um operador. No entanto tal como refere Martin (1994), os vibradores de tronco não destacam toda a azeitona das oliveiras, podendo ficar cerca de 20 a 40% dos frutos por destacar, ficando esta principalmente no exterior da copa.

Na Andaluzia, Castro-Garcia *et al.* (2008) obtiveram eficiência de colheita de cerca de 86% em olivais tradicionais de sequeiro das variedades Picual e Hojiblanca, enquanto Sola-Guirado *et al.* (2014) obtiveram uma eficiência de colheita de 90,5% num olival de Hojiblanca de sequeiro. Esta melhoria da eficiência de colheita poderá estar associada a uma data de colheita mais tardia, com um nível de maturação da azeitona mais elevado e uma menor força de retenção.

Almeida (2002) refere ainda que a recolha em panais permitiu que a eficiência de destaque da azeitona com o vibrador fosse maior (80 a 96% da azeitona das árvores) do que a obtida com o apara-frutos (75 a 89%) ou com o enrolador de panos (72 a 90%).

Segundo Almeida (2002) a eficiência de destaque poderá ser superior no método de recolha em panais, uma vez que há a possibilidade de aplicar vibração às pernas, podendo deslocar o vibrador em função da distribuição das pernas pela árvore.

Tal não é possível quando se utiliza vibrador com apara-frutos e está limitado apenas a um dos lados da copa quando se utiliza o enrolador de panos.

Apesar da vibração às pernas ter obtido uma melhor eficiência de colheita, segundo Almeida *et al.* (2001) não constitui uma verdadeira alternativa, pois afeta negativamente a capacidade de trabalho.

Segundo Gil-Ribes *et al.* (2008) o vibrador de tronco é o sistema de colheita mais utilizado no olival. Ainda de acordo com estes autores estas máquinas têm sérias limitações no olival tradicional, devido à formação da árvore com vários troncos, ao diâmetro dos troncos, a potência aplicada para realizar a vibração e a baixa transmissão e eficiência no destaque dos frutos.

#### 2.4.2. Olivais intensivos

##### 2.4.2.1. Colheita com enrolador de panos

Tendo em vista a otimização do trabalho do vibrador em olival intensivo, Peça *et al.* (2005), verificaram em 2 olivais com 400 árv. /ha situados no Alentejo, que a opção de colheita baseada no vibrador de tronco e em panais estendidos manualmente permitiu obter capacidades de trabalho de 77 a 91 árv. /h (11 a 13 árv. /h\**pessoa*), enquanto que a colheita com o mesmo vibrador de tronco servindo dois semirreboques de enrolar panos (Figura 2.3) trabalhando em paralelo, mostrou ser possível obter valores semelhantes de 80 árvores/h (11.4 árv. /h\**pessoa*). Este resultado mostra que seria necessário despende em média cerca de 5 horas para colher um hectare de olival de 400 árvores.

Para Peça *et al.* (2005), embora o esforço requerido aos operadores na recolha com semi-reboque enrolador de panos seja menor, não existe redução de mão-de-obra, e necessita de dois tratores extra para os semi-reboques enroladores de panos.

Embora neste trabalho não tenha havido a preocupação em avaliar a eficiência de colheita, não se registaram diferenças assinaláveis de eficiência de colheita entre as duas alternativas de recolha.

##### 2.4.2.2. Colheita com apara-frutos

A utilização de vibrador com apara-frutos em olivais intensivos está condicionada pela dificuldade em abrir o apara-frutos devido ao menor espaço entre árvores (Civantos, 1988).

Almeida e Fernandes-Silva (2023) verificaram que a utilização de um vibrador de tronco com apara-frutos dos agricultores, em olivais comerciais instalados a 7m\*7m das variedades Cobrançosa e Verdeal Transmontana, permitiu obter capacidades de trabalho com varejamento complementar entre as 11 e as 38 árvores/hora (média 24 árv. /h) e uma eficiência de colheita média de 91%.

Nas parcelas onde não se efetuou varejamento complementar foram obtidas capacidades de trabalho entre as 24,57 e as 68,34 árvores/hora (média 49,5 árv. /h), com uma eficiência de colheita média de 97%.

Estes resultados mostram que seria necessário despender em média cerca de 8 horas para colher com varejamento um hectare de olival de 200 árvores, enquanto que sem varejamento seriam necessárias em média 4 horas.

#### 2.4.2.3. Colheita com plataformas recolhedoras

Esta alternativa de colheita é totalmente mecanizada e pretende diminuir os tempos de deslocação entre árvores.

Na Austrália, Ravetti & Robb (2010) avaliaram este equipamento em olivais intensivos com 357 árvores/ha (7m\*4m) das variedades Barnea e de Frantoio.

A capacidade de trabalho variou entre as 90 e as 176 árv. /h (em média 138 árvores/hora).

A menor capacidade de trabalho (90 árv. /h) foi obtida na variedade Frantoio, em árvores de elevado nível produtivo em colheita precoce.

A maior capacidade de trabalho (176 árv. /h) foi obtida na variedade Barnea, em árvores de baixo nível produtivo em colheita tardia.

Para colher um olival de 1ha com 357 árvores seriam necessárias, em média 2,6 horas.

Relativamente à eficiência do vibrador Ravetti & Robb, (2010) indicam que variou entre 86% e 96% (90,9% em média). O valor mais elevado foi obtido na variedade Barnea em colheita tardia e nas árvores de menos produção, enquanto na colheita precoce desta variedade se obteve apenas uma eficiência de 80% nas árvores de menos produção e 62% nas de mais produção.

Ainda segundo estes autores, para utilização desta solução de colheita é necessário que as entrelinhas sejam suficientemente espaçadas para manobrar a máquina.

É necessário recorrer à poda para garantir a conexão da máquina ao tronco e também para que a copa não exceda a área abrangida pelas plataformas, caso contrário a azeitona pode perder-se para o solo.

#### 2.4.2.4. Síntese de resultados de ensaios de colheita em olivais intensivos

Na tabela 2.3 mostra-se a capacidade de trabalho (Ct) que foi obtida nos ensaios referidos nos pontos anteriores. A solução que permitiu obter maior capacidade de trabalho foram as plataformas recolhedoras seguidas do apara-frutos e o enrolador de panos em último lugar. Na colheita com apara-frutos houve uma maior irregularidade na Ct obtida devido à irregularidade dos olivais. Os baixos valores de Ct obtidos com o enrolador de panos deve-se ao facto deste método requerer alguma mão de obra. No entanto, se o cálculo da Ct for efetuado apenas em árvores por hora obtemos valores mais aceitáveis.

Tabela 2.3 -Capacidade de trabalho (Ct) em função da solução de colheita utilizada

Solução de colheita	Densidade plantação do olival	Capacidade trabalho (Ct)	
	(árvores / hectare)	(árvores / (hora x pessoa))	(kg / (hora x pessoa))
Semi-reboque enrolador de panos*	400	11,4	181
Apara-frutos**	200	24,6-68,3	435 - 1025
Plataformas recolhedoras	357	45-88	1890 - 2464

Legenda: \* - 2 equipamentos a trabalhar em paralelo; \*\* - sem varejamento complementar.

#### 2.4.3. Condicionalismos da colheita de azeitona por vibração do tronco

As soluções de colheita apresentadas nos pontos anteriores são todas baseadas na colheita por vibração do tronco. É um sistema de colheita descontínuo, com duas fases distintas:

- vibração da árvore;
- deslocação do vibrador de árvore para árvore.

Na fase de vibração ocorre o destaque de azeitona, que segundo Gil-Ribes *et al.* (2011) é de cerca de 15 segundos por árvore, podendo variar entre os 7,3 segundos e os 33,7 segundos (Almeida, 2002).

A variação do tempo de vibração é consequência da heterogeneidade entre árvores do mesmo olival, existindo alguns aspetos que influenciam este tempo de operação elementar: o volume de copa, a quantidade de frutos presentes e fatores inerentes ao operador, que, com a finalidade de colher todos os frutos, vibra a árvore durante o tempo que no momento, pela sua percepção subjetiva, considera adequado (Almeida, 2002).

A necessidade de deslocar o vibrador de árvore para árvore leva à interrupção da vibração, razão pela qual se classifica este sistema de colheita como descontínuo.

Para obter uma elevada capacidade de trabalho do vibrador é essencial que o tempo de vibração seja o estritamente necessário para destacar a azeitona e que o tempo de deslocação entre árvores seja minimizado. Conforme referido anteriormente o tempo gasto na deslocação entre árvores é maior do que o tempo de vibração. A distância entre árvores, a orografia do olival, o tipo de equipamento e destreza do operador influenciam o tempo gasto na deslocação entre árvores.

Após a vibração da árvore é necessário retirar a pinça do vibrador do tronco, recuar com o equipamento e direcioná-lo para a árvore seguinte. Esta sequência de tarefas demora mais tempo do que a vibração. Para aumentar a eficiência do sistema é conveniente garantir a colocação atempada da solução de recolha na projeção da copa, por exemplo panais no solo.

Segundo Dias (2006), a estrutura da árvore (condicionada pela poda), a dimensão da azeitona e o estado de maturação da azeitona são fatores que também condicionam a capacidade de colheita com vibrador de tronco.

Além da otimização da capacidade de trabalho, Pastor e Humanes (1998) referem ainda a necessidade de obter eficiências elevadas no destaque da azeitona das árvores, que normalmente é inferior a 100 %. Segundo os mesmos autores a eficiência de colheita depende de forma inversa do volume da copa. Para o mesmo vibrador, uma maior massa a vibrar leva a uma menor eficiência de destaque.

A estrutura das árvores também foi considerada com um fator que interfere na eficiência de colheita (Pastor & Humanes, 1998). Trabalhos realizados quer em Espanha (Pastor & Humanes, 1998) quer em Itália (Giametta, 1975) mostraram que se obtém menor eficiência de destaque por vibração do tronco nos ramos pendentes. Para avaliar a influência da poda na eficiência de colheita com vibrador em olivais tradicionais, foram realizados ensaios, em Portugal (1982), e em Itália (1986) que mostraram uma melhoria na produção de azeitona e na eficiência de colheita (Pastor & Humanes, 1998), Dias (2006). Para Pastor & Humanes (1998) esta melhoria deveu-se à redução do volume da

copa e à eliminação de madeira, que ao renovar a copa permitiu melhorar a produção de azeitona.

Num ensaio realizado num olival intensivo regado em Sevilha-Espanha, Pastor & Humanes (1998) verificaram que uma poda de adaptação para a colheita mecânica com eliminação de ramos pendentes, permitiu melhorar ligeiramente a eficiência de colheita, mas teve uma diminuição da produção, que originou uma redução da quantidade de azeitona colhida comparativamente com as restantes modalidades de poda em ensaio.

Para Dias (2006) o mais importante é efetuar uma poda que maximize o nível de produção do que optar por uma poda que aumente a percentagem de azeitona colhida, mas que comprometa a capacidade produtiva.

De acordo com Porras (1997), os fatores relacionados com a maturação que devem ser considerados na determinação do momento ótimo de colheita são:

- resistência do fruto ao desprendimento
- conteúdo em azeite;
- evolução da qualidade do azeite no fruto;
- queda da azeitona;

A resistência do fruto ao desprendimento varia ao longo da maturação da azeitona sendo elevada no início quando os frutos são verdes, diminuindo progressivamente com o tempo (Porras, 1997). Hermoso *et al.* (1997) referem que se trata de uma característica com forte influência varietal.

O teor em azeite aumenta à medida que a maturação avança, alcançando o máximo quando desaparecem os frutos verdes da árvore (Hermoso *et al.*, 1997).

As características organolépticas do azeite produzido, nomeadamente o frutado diminuem com o atraso na colheita (Porras, 1997).

A queda da azeitona de forma natural depende da variedade, mas pode ser influenciada pelas condições climáticas (chuva e vento intensos) e pelo seu nível sanitário. No início da maturação a queda é reduzida, mas pode alcançar valores elevados se a colheita se atrasa. (Porras, 1997).

## 2.5. Colheita em contínuo

As limitações relacionadas com a disponibilidade e o custo da mão de obra necessária para a colheita de azeitona por vibração do tronco levou a que se desenvolvessem soluções alternativas baseadas na colheita em contínuo.

Esta situação também ocorreu noutras culturas permanentes, levando ao desenvolvimento de máquinas de colheita em contínuo de frutos como a laranja destinada à produção de sumo (Figuras 2.13 e 2.14).



Fonte: Futch, S. H., & Roka, F. M. 2005

Figura 2.13 -Korvan self-propelled system.



Fonte: Futch, S. H., & Roka, F. M. 2005

Figura 2.14 -Colhedora Oxbo rebocada por trator.

Também se verificou uma situação semelhante na colheita do café no Brasil (Figuras 2.15 e 2.16) e na colheita de pequenos frutos (amoras, framboesas e mirtilos) (Figura 2.17).



Fonte: Olint (2000), Revista nº2

Figura 2.15 -Colhedora Korvan 9200 na colheita do café.



Fonte: Jacto

Figura 2.16 -Colhedora Jacto K 3500 na colheita do café.



**Fonte:** Jagoda Harvester

Figura 2.17 -Colhedora para framboesas JAGODA 300.

Houve também trabalhos de desenvolvimento de máquinas para a colheita da *Jatropha* destinada à extração de óleo para produção de biodiesel (Figura 2.18).



**Fonte:** Lexicar Brasil

Figura 2.18 -Colhedora para *Jatropha*.

### 2.5.1. Desenvolvimento da colheita em contínuo em olival superintensivo

A instalação de olivais superintensivos ou “em sebe” esteve associada à possibilidade de colher a azeitona com as mesmas máquinas que se utilizam na colheita da uva para vinho (Figura 2.19), necessitando apenas do operador da máquina e de meios para transporte da azeitona colhida (Tous, 2010).



Fonte: Olint (2000), Revista nº1

Figura 2.19 -Gregoire G133V – primeira colhedora em contínuo de olival.

Houve a necessidade de fazer adaptações nas máquinas de colheita que levou ao aparecimento de modelos específicos para olival (Figura 2.19).

Segundo Tous (2010) a grande desvantagem dos olivais superintensivos está na dificuldade em manter o volume das árvores para permitir o trabalho das máquinas de colheita “tipo vindimadora”.

Para ultrapassar esta situação, o desenvolvimento dos olivais superintensivos tem-se baseado em:

- obtenção de novas variedades de tamanho mais reduzido, como por exemplo Siquitita (programa melhoramento conjunto entre a Universidade de Córdoba e o Instituto Andaluz de Investigação e Formação Agrária (IFAPA)), Oliana e Coriana (Programa melhoramento a empresa Agromillora) e I15 (Programa de melhoramento da empresa Todolivo);

- implementação de modelos de poda baseados em intervenções mecânicas que permitem controlar a dimensão das árvores (Rius & Lacarte, 2015);

- desenvolvimento de modelos de colhedoras de maiores dimensões que não imponham tantas limitações no tamanho das árvores. Na figura 2.20 mostra-se o aspeto da colhedora New Holland 11.90 X de maior dimensão que permite a colheita de sebe com maior volume.



Fonte: New holland agriculture

Figura 2.20 -New Holland 11.90X.

## 2.5.2. Desenvolvimento de colheita em contínuo noutras tipologias de olival

### 2.5.2.1. Olival para produção de azeitona para mesa

Dado que a colheita da azeitona para conserva na Califórnia (Estados Unidos da América) é realizada de forma manual, com custos de produção que representam 50-75% do rendimento obtido pelos produtores (Ferguson, 2012), em 1996 foi iniciado o trabalho de busca de soluções de colheita para estes olivais (Ferguson *et al.*, 1999).

Num primeiro trabalho foi avaliado um protótipo de vibrador de copa com abordagem lateral, na colheita de azeitona verde da variedade Maçanilha, num olival com 17 anos instalado a 5.2m x 6.5m, tendo obtido eficiências média de colheita entre 76% e 79% (Ferguson *et al.*, 1999).

Neste trabalho Ferguson *et al.* (1999) verificaram também que a posição dos ramos na copa tem influência da eficiência de destaque. Os ramos situados na face exterior da copa tiveram eficiência de colheita de cerca de 88-92%, enquanto que nos ramos situados nas reentrâncias da copa quer à entrada, quer à saída, as eficiências foram menores, variando entre 56-74% e 61 e 65%, respetivamente.

### 2.5.2.2. Olival tradicional Andaluz

Em Espanha foi testada a utilização de uma máquina de colheita em contínuo desenvolvida na Flórida (Figura 2.21) para a colheita de laranjas em olival tradicional andaluz (Gil-Ribes *et al.*, 2011).



**Fonte:** Sola-Guirado *et al.*, 2014

Figura 2.21 Vibrador de copa Oxbo 3210 em ensaio na Andaluzia.

Segundo Gil-Ribes *et al.* (2011) a eficiência de colheita variou entre os 30% e os 63% da azeitona existente na árvore. Estes autores obtiveram menores eficiências quando a colheita foi efetuada conjugando uma maior velocidade de avanço (1,5 km/hora) com uma menor frequência de vibração (3 Hz). Os melhores resultados foram obtidos com maior frequência de vibração, sem influência da velocidade de avanço. Estes ensaios mostraram também que a penetração das varas da colhedora no interior da copa da árvore e a possibilidade de sacudir a maior parte da copa são fundamentais para o desenvolvimento desta solução de colheita. Gil-Ribes *et al.* (2011) referem ainda que a força de desprendimento dos frutos não esteve correlacionada com a eficiência de colheita.

Num olival tradicional andaluz sem nenhuma intervenção de poda prévia, Sola-Guirado *et al.* (2014) obtiveram uma eficiência média de colheita de 78,8% com o vibrador de copa Oxbo 3210 (Figura 2.21) e uma eficiência de colheita de 90.5% com vibrador de tronco.

A eficiência de colheita da máquina OXBO foi menor que a do vibrador porque houve zonas da copa onde as varas não chegaram. Isso aconteceu na parte interior e

também em ramos salientes na parte exterior da copa que o sacudidor não conseguiu alcançar.

Num ensaio com um protótipo de colheita em contínuo (Figura 2.22) realizado após os testes com a colhedora Oxbo 3210, Sola-Guirado *et al.* (2016) avaliaram a influência da amplitude de vibração, da frequência de vibração, da densidade de varas do rotor e da velocidade de avanço na eficiência de colheita. Estes autores verificaram que o aumento da amplitude de vibração e da frequência de vibração levaram a um aumento da eficiência de colheita, enquanto que o aumento do número de varas não teve influência no resultado.

O aumento da velocidade de avanço levou a uma diminuição da eficiência devido ao menor tempo de contacto entre as varetas e a copa das árvores (Sola-Guirado *et al.*,2016).



**Fonte:** Sola-Guirado *et al.*,2016

Figura 2.22 -Protótipo do colhedor por vibração à copa em trabalho.

Em relação à capacidade de trabalho, Aguera-Vega *et al.* (2013) indicam que a utilização de um vibrador de copa permite um aumento de 0,12 a 0,20 ha/h comparativamente com a que se obtém com um vibrador de tronco montado em trator e 0.25-0.3ha/h em relação à colheita com um vibrador automotriz.

### 2.5.2.3. Olival intensivo australiano

Ravetti & Robb (2010) avaliaram a utilização da máquina de colheita em contínuo Colossus XL (Figura 2.23), desenvolvida na Argentina pela empresa Maqtec Sl. É uma máquina automotriz com uma estrutura rígida de 4,9 m por 4m.



Fonte: António Dias

Figura 2.23 -Máquina de colheita em contínuo Colossus XL.

Os trabalhos de campo foram realizados na Austrália em olivais das variedades Barnea e Frantoio, instalados a 7m\*4m e a 6m\*4m. Obtiveram eficiências de colheita que variaram entre os 86 e os 96%, consoante o nível de produção e a variedade.

A capacidade de trabalho variou entre as 64 e as 182 árvores por hora, tendo os valores mais elevados sido registados em árvores com menor produção da variedade Barnea. A menor capacidade de trabalho foi obtida em árvore da variedade Frantoio com produção elevada.

Este trabalho foi efetuado em comparação com a utilização de plataformas recolhedoras COE (ponto 2.3.3). Foi possível verificar que a colhedora Colossus XL tem maiores eficiências de colheita e pode alcançar maiores capacidades de trabalho, embora as capacidades de trabalho das plataformas COE sejam mais uniformes.

### 2.5.2.4. Olival intensivo em Portugal

Em Portugal foi iniciado em 2009 um trabalho de desenvolvimento de um protótipo de Máquina para a Colheita em Contínuo de Azeitona (MCCA). Este protótipo destina-se à colheita de olivais intensivos e baseia-se na abordagem lateral da copa das árvores. É constituída por duas unidades idênticas que trabalham simetricamente à direita

e à esquerda da linha de oliveiras (Figura 2.24), sendo cada uma das máquinas semi-rebocada por um trator agrícola (Dias *et al.*, 2013).



Fonte: Dias *et al.*, 2013

Figura 2.24- Aspeto da parte posterior da MCCA.

Os ensaios de campo com este protótipo confirmaram o efeito negativo da velocidade de avanço na capacidade de destaque da azeitona (Dias *et al.*, 2023), como tinha sido referido por Sola-Guirado *et al.* (2016).

A eficiência de destaque da MCCA variou entre os 79% com uma velocidade média de avanço de 400m/hora e 60% com uma velocidade média de 910m/hora (Dias *et al.*, 2023).

Uma análise qualitativa da colheita com a MCCA (Aragon *et al.*, 2023) permitiu verificar que esta máquina tende a deixar ficar mais azeitona por colher na zona interior da copa e na zona da copa oposta ao sentido de deslocamento da máquina.

### 2.5.3. Influência da poda no desempenho de vibrador de copa

#### 2.5.3.1. Experiência californiana

A necessidade de adequar a copa das oliveiras aos sacudidores de copa também foi avaliada por Ferguson *et al.* (2012) num olival com 17 anos instalado a 3.9 x 7.9 m destinado à produção de azeitona para conserva. Estes autores verificaram que a realização de um corte horizontal na parte superior da copa, “topping”, durante dois anos consecutivos associado com corte vertical de uma face lateral da copa em cada um dos anos, permitiu que no ano seguinte a colheita de azeitona com o protótipo de sacudidor

indicado na figura 2.25 permitisse aumentar a eficiência de colheita em cerca de 7%, passando dos 50.3% na poda manual para os 57.4% nas árvores conduzidas em sebe.



**Fonte:** Ferguson *et. al.*, 2012

Figura 2.25- Protótipo Korvan utilizado no ensaio na Califórnia.

Segundo Ferguson *et al.* (2012), tal aconteceu porque as intervenções de poda mecânica permitiram a formação de uma “parede” de ramos pendentes colocando a azeitona mais acessível para o protótipo de sacudidor de copa.

#### 2.5.3.2. Experiência espanhola

Castillo *et al.* (2017), em olivais tradicionais da Andaluzia avaliaram a influência da poda na eficiência de colheita de uma máquina pré comercial de colheita em contínuo desenvolvida em colaboração entre a Universidade de Córdoba e a empresa Maqtec (Figuras 2.26).



**Fonte:** António Dias

Figura 2.26 -Protótipo de colhedora em contínuo elaborada pela Universidade de Córdoba e pela empresa Maqtec.



**Fonte:** António Dias

Figura 2.27 -Aspeto do sacudidor de copa do protótipo elaborado pela Universidade de Córdoba e pela empresa Maqtec.

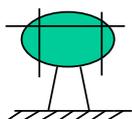
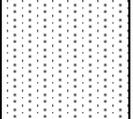
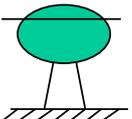
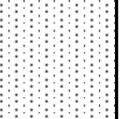
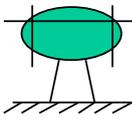
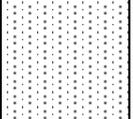
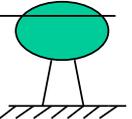
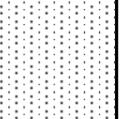
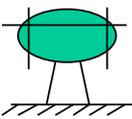
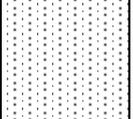
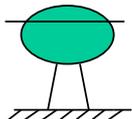
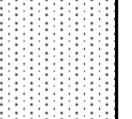
Neste estudo, verificaram que a poda adaptada ao sacudidor de copa permitiu melhorar a eficiência de colheita em comparação com a poda exclusivamente mecânica ou com a poda tradicionalmente utilizada. A poda de adaptação à colheita com sacudidor de copa ao remover os ramos situados na parte interior da copa, os ramos situados abaixo dos órgãos ativos do sacudidor e os ramos excessivamente salientes da copa permitiu uma melhoria de cerca de 10% na eficiência de colheita (87%-97%) comparativamente à poda tradicional (77%-86%) e 6-8% em relação à poda mecânica (79%-90%).

#### 2.5.3.3. Experiência portuguesa

Para avaliar o efeito da poda na eficiência de colheita da MCCA, Dias *et al.* (2020) utilizaram um ensaio de poda de longa duração estabelecido num olival da variedade Picual com 400 árvores por hectare (7m\*3,5m). Neste ensaio havia blocos de árvores com poda manual, com poda mecânica e com poda mecânica + complemento manual.

Durante 3 anos efetuaram a colheita com a MCCA tendo obtido uma eficiência de destaque de cerca de 70% em média, sem diferenças significativas entre as diferentes intervenções de poda. Foram registados valores máximos de 80% e mínimos de 65% consoante o ano, a produção por árvore e a intervenção de poda efetuada em cada ano.

A preocupação em dimensionar a copa das árvores para a colheita com a MCCA, levou a que se avaliasse durante 4 anos (Figura 2.28) a influência da poda mecânica com e sem complemento manual no desempenho da MCCA (Dias *et al.*, 2023).

Tratamento	2015	2016	2017	2018
1				
2				
3	 + Compl. Manual		 + Compl. Manual	

Legenda: Manual compl. – poda manual complementar;  
 - topping + hedging nas duas faces da copa;  - topping da copa;

Figura 2.28 - Sequência das intervenções de poda por tratamento no ensaio realizado por Dias *et al.* (2023).

Neste ensaio também não se verificaram diferenças significativas entre os tratamentos no destaque da azeitona com a MCCA, variando entre os 77% e os 84% consoante os anos.

Os resultados deste ensaio mostram que uma diferença de cerca de 0,4m no corte lateral da copa no primeiro ano não originou diferenças significativas na capacidade de destaque da azeitona com a MCCA durante os 4 anos de ensaio. A operação de complemento manual para eliminar pedaços de madeira salientes na face exterior da copa e de ramos excessivamente pendentes também não melhorou a eficiência de destaque da MCCA.

#### 2.5.4. A importância da poda no desempenho dos vibradores de copa

Os trabalhos referidos nos pontos anteriores mostram que a colheita em contínuo de olivais intensivos se encontra numa fase experimental com o desenvolvimento de diversos protótipos, apesar de existir uma máquina no mercado.

Os resultados obtidos estão muito associados às características de cada equipamento, embora se possa referir que uma característica comum a todos é a incapacidade de destacar todos os frutos, apesar de no caso da máquina comercial ser mencionado que tem uma melhor eficiência do que a colheita descontínua baseada em plataformas recolhedoras.

Os trabalhos realizados com os diferentes protótipos mostraram que a eficiência de destaque é condicionada pela distribuição da azeitona na copa das árvores.

Os trabalhos indicados nos sub-pontos anteriores mostram que a poda é crucial para a colheita com vibrador de copa, tanto para adequar as dimensões da árvore ao equipamento de colheita como para deslocar a produção de azeitona para zonas da copa mais acessíveis aos componentes que fazem o destaque.

Os ramos situados em zonas inacessíveis aos órgãos ativos dos vibradores de copa devem ser removidos para evitar que haja azeitona nessas zonas.

A realização de intervenções de poda que deixam as árvores com copas muito semelhantes não mostraram ter uma influência considerável na eficiência de colheita do protótipo de vibrador de copa utilizado, porque se limitaram a controlar o exterior da copa.

Finalmente referir ainda que a velocidade de deslocamento dos equipamentos também foi um parâmetro determinante na eficiência de destaque da azeitona, visto que uma maior velocidade leva a menos tempo de interação entre a copa e os órgãos ativos da máquina com a consequente diminuição da eficiência de destaque.

### **3. Material e métodos**

### 3.1. Olival

O olival está situado na Herdade da Torre das Figueiras (Figura 3.1) – Monforte - Portalegre - Portugal (Coordenadas 39° 04' N; 07° 29' W). É um olival da variedade ‘Galega vulgar’ que foi plantado em 2006, numa parcela onde o solo está classificado segundo a Carta de Solos de Portugal (Cardoso, 1965) como um complexo de Solos Mediterrâneos Vermelhos ou Amarelos de Materiais Calcários Normais de calcários cristalinos associados a outras rochas cristalofílicas básicas (Vcv) e material coluviado de solos Vcv (Scv).



Legenda: 1 – Indicação do local da parcela de olival

Figura 3.1 -Localização da parcela de olival do ensaio.

O olival está instalado com uma entrelinha de 7 m e distância entre plantas na linha de 5 m, a que corresponde a densidade de cerca de 285 plantas por hectare, com as linhas orientadas segundo a direção Nordeste-Sudoeste.

O controlo de infestantes na entrelinha é realizado por corte com corta-mato e na linha através da aplicação de herbicida.

O olival é regado através de sistema de rega gota-a-gota que permite a aplicação de cerca de 2000 m<sup>3</sup> de água por hectare por ano.

Nas práticas culturais são de referir ainda a realização de tratamentos fitossanitários aplicados segundo as normas da PI (Proteção Integrada), para controlar as principais pragas e doenças do olival, como por exemplo a traça da oliveira (*Prays oleae*), o olho de pavão (*Spilocaea oleaginae*), a mosca da oliveira (*Bactrocera oleae*) e a gafa (*Colletotrichum acutatum* e *Colletotrichum gloeosporioides complexes*).

Relativamente à fertilização são efetuadas aplicações de adubo ao solo no final do inverno, adubações foliares aproveitando a realização de tratamentos fitossanitários e via ferti-rega. Por norma aplicam-se cerca de 100 unidades de azoto, fósforo e potássio.

## 3. 2. Equipamentos

### 3.2.1. Máquina de podar de discos

A poda mecânica foi efetuada com recurso a uma máquina de podar de discos R&O (Reynolds & Oliveira Lda) cuja barra de corte têm 3,0m de largura (Figura 3.2), montada no carregador frontal de um trator 4WD com 97 kW de potência máxima.



Fonte: António Dias

Figura 3.2 -Máquina de podar de discos R&O, montada no carregador frontal de um trator.

Esta máquina tem um sistema hidráulico autónomo (Dias, 2006), do qual faz parte um depósito de óleo montado no sistema de engate de três pontos do trator (Figura 3.3). Segundo Dias (2006), a tomada de força (TDF) do trator aciona uma bomba de óleo, que fornece óleo ao motor hidráulico colocado na barra de corte a fim de transmitir movimento de rotação aos discos (Figura 3.4).



Legenda: 1- Reservatório de óleo; 2 - Bomba de óleo;  
 Figura 3.3 -Componentes do sistema hidráulico da máquina de podar de discos.

Um dos discos encontra-se ligado diretamente ao motor hidráulico, enquanto os restantes recebem movimento proveniente do motor hidráulico através de uma transmissão sequencial através de correias de borracha.



Legenda: 1- Cilindro hidráulico; 2- Cilindro hidráulico; 3- Motor hidráulico; 4-Estrutura de fixação da máquina de podar no carregador frontal do trator.  
 Figura 3.4 -Máquina de podar de discos R&O.

O sistema hidráulico da máquina de podar de discos tem ainda dois cilindros hidráulicos (Figura 3.4) colocados na estrutura de fixação da máquina de podar no carregador frontal do trator. O cilindro hidráulico 1 (Figura 3.4) permite colocar a barra

de corte na posição de corte pretendida, enquanto o cilindro 2 (Figura 3.4) serve para aproximar ou afastar a barra de corte da linha de árvores. No interior da cabine são colocados os comandos para acionamento dos diferentes componentes hidráulicos da máquina de podar.

Na figura 3.5 podemos observar a máquina de podar de discos em trabalho.



Figura 3.5 -Máquina de podar de discos em trabalho.

### 3.2.2. Máquina de podar abas

Utilizou-se uma máquina de podar abas da marca IDavid PFO montada num tractor John Deere 6310 de 75 kW de potência máxima. Trata-se de uma máquina com barra de corte monorotor (Figura 3.6) montada na frente do trator, que trabalha à direita do operador.



Figura 3.6 -Máquina de podar abas iDavid PFO-1-D.

Um rotor de travessas de borracha acionado por um motor hidráulico puxa os ramos pendentes para a face exterior da copa de modo a ficarem mais acessíveis à barra de corte monorotor (Figura 3.7).



Legenda: 1- faca monorotor; 2- rotor de travessas de borracha.  
Figura 3.7 -Órgãos ativos da máquina de podar abas iD-David PFO-1-D.

O reservatório de óleo da unidade de potência hidráulica, bem como as respectivas válvulas e radiador de óleo também se encontram montados na frente do trator (Figura 3.8).



Figura 3.8 -Reservatório de óleo montado frontalmente em trator.

A regulação da distância da barra de corte ao solo, da distância da barra de corte à linha de árvores (Figura 3.9) e da inclinação da barra de corte são realizadas por cilindros hidráulicos (Figura 3.10).



Legenda: 1-cilindro hidráulico que regula a distância da barra de corte ao solo;  
2-cilindro hidráulico que regula a distância da barra de corte à linha de árvores.

Figura 3.9 -Componentes hidráulicos da máquina de podar abas iD-David PFO-1-D montados na frente do trator.



Legenda: 1- cilindro hidráulico que regula a inclinação da barra de corte.

Figura 3.10 -Vista frontal da máquina de podar abas iD-David PFO-1-D em trabalho.

### 3.2.3. Poda manual

As intervenções de poda manual foram realizadas com uma motosserra de poda Sthill 020 (Figura 3.11).



Figura 3.11 -Poda manual.

### 3.2.4. Máquina de colheita em Contínuo de Azeitona (MCCA)

Utilizou-se a Máquina de Colheita Contínua de Azeitona (MCCA) na sua versão de 2014 (protótipo-fase III). Esta máquina é constituída por duas unidades idênticas que trabalham simetricamente à direita e à esquerda da linha de oliveiras (Figura 3.12), sendo cada unidade semi-rebocada por um trator agrícola (Peça *et al.*, 2014).



Figura 3.12 -Máquina de Colheita Contínua de Azeitona.

Cada unidade dispõe de um mastro vibratório ligado na base a um mecanismo de vibração de acionamento hidráulico. O mastro vibratório (Figura 3.13) tem 21 andares amovíveis com varetas inseridas radialmente que ao penetrarem na copa asseguram o destaque da azeitona.



Figura 3.13 -Mastro vibratório interagindo com a copa.

Uma plataforma com inclinação no sentido das árvores permite efetuar a recepção da azeitona destacada pelo mastro vibratório. Ao longo do chassis de cada máquina, um conjunto de placas retráteis, “escamas de peixe”, com inclinação no sentido da máquina constitui a interface com a árvore para interceptar a azeitona com trajetória de queda junto ao tronco (Figura 3.14).



Legenda: 1- “Escamas de peixe” unidade direita; 2- “Escamas de peixe” unidade esquerda.

Figura 3.14 -Interface máquina-árvore.

A azeitona recolhida na plataforma de receção, é transferida para um sistema de transporte que a conduz para uma unidade de armazenamento temporário localizada na parte posterior da máquina. Este sistema de armazenamento é constituído por uma forquilha para suspender os “big-bags” de armazenamento (Figura 3.15) A forquilha permite a deposição no terreno dos “big-bags” cheios para posterior carregamento para semi-reboque agrícola.



Figura 3.15 -“Big-bag” suspenso em forquilha.

A colheita com a MCCA faz-se por abordagem lateral da copa das oliveiras, colocando as varetas do mastro vibratório na copa da árvore. A máquina foi construída com a possibilidade de ajustar a posição do mastro de varetas para contornar a copa pela sua periferia.

Embora inicialmente se pretendesse que a MCCA não impusesse limitações ao desenvolvimento das oliveiras, verificou-se a necessidade de adequar a dimensão das árvores à altura do mastro vibratório que é de cerca de 3,6m.

Dado que a versão da MCCA utilizada nos ensaios tem o 1º andar do mastro vibratório a cerca de 1,0m de altura relativamente ao solo, foi necessário realizar o corte da base da copa a essa distância do solo.

Em virtude da unidade direita ter avariado durante a campanha de colheita de 2021, neste ensaio apenas se utilizou a unidade esquerda, que era semi-rebocada por um trator Fendt 718 Vario (133kW). O conjunto trator e unidade esquerda fez uma passagem do lado esquerdo da copa, seguida de uma passagem pelo lado direito. Esta limitação obrigou a que fosse necessário colocar panos no solo do lado oposto ao da unidade de colheita, para recolher azeitona projetada para esse lado da copa.

Na figura 3.16 é visível á retaguarda da máquina o local de trabalho do operador da mesma, responsável por aproximar ou afastar a máquina das copas, subir ou baixar a mesma, e ainda auxiliar nas manobras de cabeceira.



Figura 3.16 -Vista posterior da unidade esquerda da MCCA.

### 3.3. Metodologia

Para avaliar o efeito da remoção dos ramos da parte interior da copa no desempenho da MCCA, foi estabelecido em abril de 2020 um ensaio de poda, com dois tratamentos:

- tratamento 1 (T1) – copa com parte central sem ramos (centro vazio); realizou-se um corte horizontal na parte superior da copa (“topping”) a 3,6m do solo (altura do mastro da MCCA), seguida de complemento manual para eliminar ramos ladrões da zona central da copa (Figura 3.17);

- tratamento 2 (T2) – copa com parte central em “V”; realizou-se um corte horizontal na parte superior da copa (“topping”) a 3,6m do solo (altura do mastro da MCCA), seguida de complemento manual para eliminar ramos ladrões da zona interior da copa, bem como a parte exterior localizada numa faixa com cerca de 1m de largura coincidente com a linha de plantação (Figura 3.18).



Figura 3.17 -Vista de cima do interior da copa de uma árvore do tratamento 1, após a poda.



Figura 3.18 -Vista de cima do interior da copa de uma árvore do tratamento 2, após a poda.

O ensaio foi delineado em blocos casualizados com cinco repetições sendo cada talhão constituído por 5 árvores (Figura 3.19).



Legenda: A- oliveira exterior ao ensaio; b- bordadura; p- local sem árvore;  
 N- oliveira do tratamento 1; E- oliveira do tratamento 2.  
 Figura 3.19 -Esquema com a distribuição do ensaio no campo.

No inverno de 2021 todas as árvores do ensaio foram submetidas a uma intervenção de “topping” a 3,60m de altura para eliminar os lançamentos que em 2020 se desenvolveram na zona do corte realizado com a máquina de podar de discos, para evitar

que existissem ramos com azeitona acima do limite superior do mastro vibratório de varetas da MCCA.

No inverno de 2021 foi ainda controlada a distância da base da copa ao solo em todas as árvores, com a máquina de podar abas IDavid PFO, tendo-se posicionado a barra de corte a cerca de 1m do solo (Figura 3.20), porque o 1º andar do mastro vibratório de varetas da MCCA se situa a essa distância do solo.



Figura 3.20 -Vista de uma das entrelinhas do ensaio após o corte com a máquina de podar abas.

Na tabela 3.1 mostra-se a sequência das intervenções de poda realizadas em cada um dos tratamentos.

Tabela 3.1 -Sequência das intervenções de poda realizadas em cada tratamento

Tratamentos	2020		2021		
	Altura árvore	Interior copa	Altura árvore	Base copa	Interior copa
<b>T1</b> (centro vazio)	“Topping”	Abertura zona central	“Topping”	“Skirting”	Sem poda
<b>T2</b> (centro em “V”)	“Topping”	Definição “V” coincidente com linha plantação	“Topping”	“Skirting”	Sem poda

Legenda: “Topping” – corte na zona superior da copa; “Skirting” – corte das abas da copa.

### 3.3.1. Parâmetros avaliados

#### 3.3.1.1. Tempos de poda

Registraram-se os seguintes tempos de poda:

- poda mecânica – tempo gasto pela máquina de podar de discos para efetuar o corte em cada uma das linhas do ensaio;
- poda manual – tempo gasto pelos podadores para efetuar a poda em cada linha de oliveiras.

#### 3.3.1.2. Dimensão das árvores

Em todas as árvores do ensaio, após as intervenções de poda de 2020 e 2021 e antes da colheita em 2021, efetuou-se a monitorização da dimensão das árvores, com utilização de uma régua telescópica graduada.

Mediram-se os seguintes parâmetros:

- largura da copa segundo a linha de árvores;
- largura da copa segundo a perpendicular à linha de árvores;
- distância da base da copa ao solo;
- altura da árvore;

#### 3.3.1.3. Monitorização da maturação da azeitona

A monitorização da maturação da azeitona iniciou-se a 10 de outubro de 2021 com uma periodicidade quinzenal até à data da colheita, realizada a 16 de novembro de 2021.

Procedeu-se ao destaque de 100 frutos de forma aleatória em todas as árvores de cada talhão. Registou-se a força de destaque por fruto, utilizando um dinamómetro CARPO 1000 GRAMM G, France (Figura 3.21).

Os frutos destacados foram ainda utilizados para determinar:

- valor médio da massa por fruto;
- valor médio relação força de destaque/massa dos frutos (Índice RP);
- índice de maturação segundo o método de Jaen;
- teor em gordura da azeitona (em % na matéria fresca e em % na matéria seca), utilizando o equipamento Foss Olivia.



Figura 3.21 -Dinamómetro a executar a medição da força de destaque.

No dia da colheita não foi possível realizar o destaque dos frutos pelo que a monitorização do índice de maturação e do teor de gordura foi efetuada em amostras de azeitona retiradas da azeitona recolhida pela MCCA em cada um dos talhões.

#### 3.3.1.3.1. Determinação do índice de maturação

Os frutos destacados de cada uma das amostras foi classificado individualmente para determinar o índice de maturação segundo o método de Jáen (Hermoso *et al.*, 1997) que se determina de acordo com a fórmula seguinte:

$$IM = \frac{A \times 0 + B \times 1 + C \times 2 + D \times 3 + E \times 4 + F \times 5 + G \times 6 + H \times 7}{100} \quad (1)$$

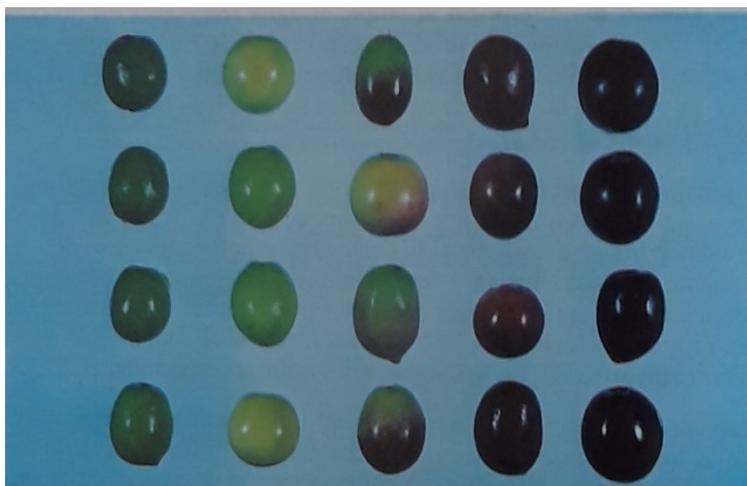
Onde:

IM – índice de Maturação;

A, B, C, D, E, F, G, H – número de frutos por classe;

0 (Epicarpo verde intenso), 1 (Epicarpo verde-amarelado), 2 (Epicarpo verde com manchas avermelhadas em menos de metade do fruto), 3 (Epicarpo avermelhado em mais de metade do fruto), 4 (Epicarpo negro e polpa branca), 5 (Epicarpo negro e polpa roxa sem chegar a meio da polpa), 6 (Epicarpo negro, e polpa roxa sem chegar ao caroço), 7 (Epicarpo negro e polpa totalmente roxa até ao caroço) – classes do índice.

A figura 3.22 mostra as fases de maturação da azeitona, ilustrando todas as classes descritas acima.



Fonte: Adaptado de Hermoso, et al., 1997

Figura 3.22 -Evolução das cores da azeitona ao longo da maturação.

### 3.3.1.3.2. Determinação do teor de gordura

Após a determinação do índice de maturação, utilizou-se cada uma das amostras para determinar o teor em gordura. Procedeu-se à moenda da azeitona com um moinho de martelos (Figura 3.23A) e a pasta resultante foi colocada num equipamento Foss Olivia<sup>™</sup> (Figura 3.23B) que indicava os seguintes parâmetros:

- gordura (%);
- humidade (%);
- gordura na matéria seca (%);
- rendimento industrial (%).

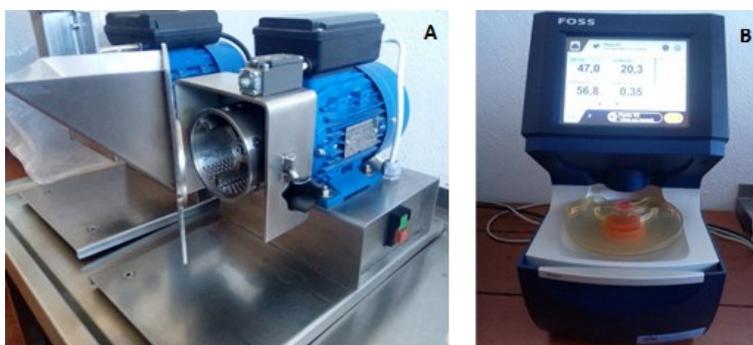


Figura 3.23 A-Moinho de martelos; B-Foss olivia<sup>™</sup>.

#### 3.3.1.4. Avaliação da distribuição da azeitona pela copa da oliveira

No período que antecedeu a colheita e após a colheita com a MCCA, realizou-se uma avaliação qualitativa da distribuição da azeitona pela copa de cada uma das árvores do ensaio.

Definiram-se dois critérios de avaliação:

- classificação vertical;
- classificação radial.

A classificação vertical consistiu na avaliação da distribuição da azeitona nas faces laterais da copa expostas para a entrelinha (lado sudeste e lado noroeste), tendo-se dividido a copa em três zonas (Figura 3.24):

- zona 1 (Z1): até 1m do solo
- zona 2 (Z2): de 1m a 3m de altura;
- zona 3 (Z3): acima de 3m de altura.

Para identificação dos limites de cada zona foi colocada uma régua graduada com marcas nos limites acima indicados.

A definição dos limites foi baseada nas características do protótipo da MCCA: a 1m do solo por se tratar da distância do 1º andar de varetas do mastro vibratório ao solo e acima de 3m de altura para individualizar a parte terminal da copa próxima da zona onde são realizados os cortes horizontais com a máquina de podar de discos.

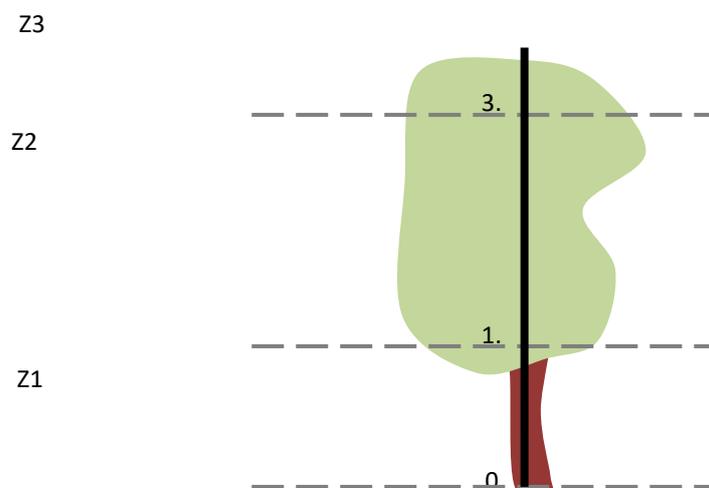


Figura 3.24 -Esquema das zonas da copa utilizadas na classificação vertical.

A classificação radial consistiu na avaliação da distribuição da azeitona pelo interior da copa, tendo-se considerado dois semicírculos (lado nordeste e lado sudoeste), que foram divididos em três zonas (Figura 3.25):

- zona 1: abrange um raio de 0,7m a partir do tronco;
- zona 2: abrange o anel compreendido entre 0,7m e 1,4m de raio;
- zona 3: abrange o anel compreendido entre 1,4m de raio e o exterior da copa.

Para definição dos limites de cada uma das zonas da copa foram colocadas no solo barras de madeira com a marcação de cada um dos limites acima indicados.

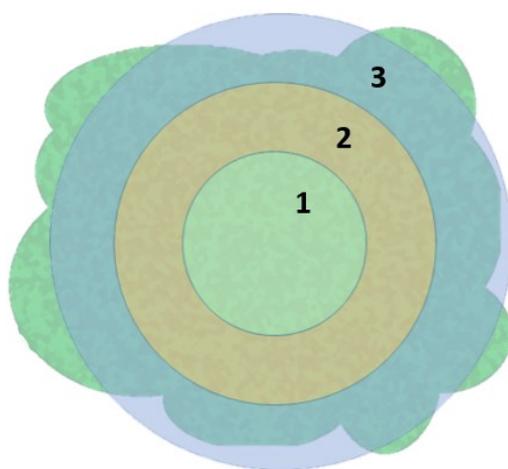


Figura 3.25 -Esquema das zonas da copa utilizadas na classificação radial.

Em cada uma das classificações utilizaram-se as seguintes classes:

- classe 1: sem produção;
- classe 2: produção fraca;
- classe 3: produção média;
- classe 4: produção abundante.

#### 3.3.1.5. Produção

A colheita da azeitona foi feita com recurso à Máquina de Colheita Contínua de Azeitona (MCCA). Estando apenas uma das unidades funcional, colheu-se a azeitona de um lado da copa e depois passou-se com a máquina do lado oposto.

Para evitar que se perdesse azeitona para o solo foi necessário colocar previamente panos no solo do lado oposto ao da unidade em funcionamento, para recolher azeitona projetada para esse lado da copa (Figura 3.26).

Para avaliar a azeitona perdida para o solo pela MCCA foi também necessário colocar previamente panos no solo do lado onde a máquina trabalha (Figura 3.27). Após a passagem da máquina os panos eram recolhidos e avaliada a massa de azeitona recolhida nos panais.

No início da colheita em cada um dos blocos ajustaram-se os parâmetros de funcionamento da MCCA (tabela 3.2).

Tabela 3.2 -Parâmetros de funcionamento da MCCA

Parâmetro	Valor referência
Velocidade de avanço (Km/h)	0,3
Rotação da tomada de força do trator (rpm)	540

No trator Fendt 718 fixou-se a rotação do motor necessária para garantir as 540 rpm na tomada de força e iniciou-se o deslocamento através da transmissão de variação continua de modo que o indicador digital da velocidade de avanço do trator indicasse 0,3 km/h.

Após a colheita com a MCCA, procedeu-se à avaliação da azeitona que ficou nas oliveiras por destacar. Procedeu-se à colheita com varejadores portáteis e recolha da azeitona em panais previamente colocados por baixo da árvore (Figura 3.28).



Figura 3.26 -Pano colocado no solo no lado oposto à unidade esquerda da MCCA.



Figura 3.27 -MCCA a passar por cima de pano previamente colocado no solo.



Figura 3.28 -Colheita com varejadores portáteis.

O trabalho de colheita permitiu obter os seguintes dados:

- massa de azeitona recolhida pela MCCA;
- massa de azeitona perdida para o solo pela MCCA;
- massa de azeitona não destacada pela MCCA.

A partir destes dados determinou-se a produção média de azeitona por árvore e a eficiência de colheita, através da seguinte fórmula:

$$\text{Eficiência de colheita (\%)} = \frac{\text{Massa de azeitona destacada por árvore pela MCCA}}{\text{Massa azeitona produzida por árvore}} \quad (2)$$

onde a massa de azeitona destacada por árvore se obtém a partir da azeitona recolhida pela MCCA e a azeitona perdida para o solo pela MCCA.

A tabela 3.3 apresenta as intervenções feitas no ensaio ao longo do tempo

Tabela 3.3 -Cronologia das Intervenções no ensaio

Tarefas	Anos					
	2020		2021			
	Abr.	Nov.	Jan.	Mar.	Out.	Nov.
<b>Intervenções poda</b>						
Poda mecânica - "Topping"						
Poda manual - Abertura interior da copa						
Poda mecânica - "Controlo abas"						
<b>Monitorizações</b>						
Medição dos tempos de poda						
Medição das dimensões das árvores após a poda						
Medição das dimensões das árvores antes da colheita						
Maturação da azeitona						
Avaliação da distribuição da azeitona pela copa da oliveira antes colheita						
Avaliação da distribuição da azeitona pela copa da oliveira apos a colheita						
<b>Colheita da azeitona</b>						
Colheita com MCCA						
Colheita da azeitona não destacada pela MCCA						

Legenda: "Topping" – corte na zona superior da copa;

### **3.4. Análise estatística**

O tratamento dos dados referentes à dimensão das árvores, desenvolvimento vegetativo, maturação e produção de azeitona foi efetuado através da Análise de Variância (ANOVA) tendo-se utilizado o programa SPSS 24.

Relativamente aos dados referentes à distribuição da produção pela copa em virtude de se tratar de uma variável qualitativa foi efetuado um teste não paramétrico de Mann\_Whitney.

#### **4. Apresentação e discussão de resultados**

#### 4.1. Capacidade de trabalho na operação de poda

Na tabela 4.1 são indicadas as capacidades de trabalho das diversas operações de poda efetuadas.

Tabela 4.1 -Capacidades de trabalho na realização das intervenções de poda

Tratamento	2020	2021	
	Poda manual (árv./hora * homem)	Poda de abas (árv./hora * homem)	Poda mecânica ("Topping") (árv./hora)
T1	14,78 a	182,4*	698,9
T2	17,40 a		

Legenda: (árv./hora x homem)- árvore por hora por homem. \*Fonte: Adaptado de Dias *et al.* (2022)

A capacidade de trabalho mais elevada registou-se na poda mecânica ("Topping") por ter sido realizado com o trator a deslocar-se a 3,5 km/hora e apenas ter sido necessário realizar uma passagem da máquina por linha de árvores. Referir ainda que esta intervenção de poda foi realizada em toda a parcela de olival sem distinção entre tratamentos.

No controlo da distância da base da copa ao solo (poda de abas) obteve-se uma capacidade de trabalho de cerca de 182 árvores por hora. Isto mostra que o controlo das abas é realizado a uma velocidade inferior ao "topping" e há necessidade de fazer duas passagens de máquina por cada linha de árvores.

Relativamente à poda manual efetuada em 2020 não se registaram diferenças significativas entre os tratamentos, com o T2 a obter a Ct mais elevada. Este resultado mostra que a eliminação da parte da copa na faixa correspondente à linha de árvores (T2) é realizada mais rapidamente do que a seleção e eliminação dos ramos existentes na parte interior da copa (T1). Tal deve-se a que no T2 o número de cortes realizados acaba por ser menor do que no T1, visto que por vezes é suficiente a eliminação de um ramo grosso para deixar a poda concluída.

## 4.2. Dimensão das árvores

A tabela 4.2 apresenta as dimensões da copa das árvores de ambos os tratamentos após a poda de 2020.

Tabela 4.2 -Dimensão das árvores após a poda de 2020 (média  $\pm$  desvio padrão)

Tratamento	Época	Altura árvore (m)	Base da copa (m)	L. copa linha (m)	L. copa perp. linha (m)
T1	P20	3,64 $\pm$ 0,12 a	1,08 $\pm$ 0,14 a	3,87 $\pm$ 0,42 a	3,86 $\pm$ 0,45 a
T2		3,64 $\pm$ 0,10 a	1,06 $\pm$ 0,16 a	3,80 $\pm$ 0,49 a	3,32 $\pm$ 0,57 b

Legenda: L. - largura; perp. - perpendicular;  
Para cada parâmetro, valores acompanhados de letras diferentes indicam que ANOVA revelou diferenças significativas ( $P < 0,05$ ).

Não se verificaram diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos para a maioria dos parâmetros avaliados, com exceção da largura da copa medida na perpendicular à linha de árvores (tabela 4.2). Relativamente à altura das árvores era expectável que tal acontecesse porque as intervenções do “topping” foram realizadas à mesma altura. No caso da distância da base da copa ao solo mostra uniformidade entre os tratamentos visto que não houve alterações nessa zona da copa.

Apesar da remoção das pernadas na linha das árvores efetuada no tratamento 2, tal não foi suficiente para que a largura máxima da copa ficasse significativamente diferente ( $P < 0,05$ ) da registada no tratamento 1.

As diferenças registadas entre os tratamentos ( $P < 0,05$ ) na largura máxima da copa segundo a perpendicular à linha de árvores, refletem o estado em que estas se encontravam antes da poda, visto não ter sido realizada nenhuma intervenção que alterasse essa dimensão.

A tabela 4.3 apresenta as dimensões da copa das árvores de ambos os tratamentos antes da época colheita de 2020.

Tabela 4.3 -Dimensão das árvores antes da época de colheita de 2020 (média ± desvio padrão)

Tratamento	Época	Altura árvore (m)	Base da copa (m)	L copa linha (m)	L. copa perp. linha (m)
T1	C20	4,15 ± 0,19 a	0,90 ± 0,19 a	4,33 ± 0,41 a	4,44 ± 0,42 a
T2		4,08 ± 0,26 a	0,79 ± 0,20 b	4,02 ± 0,55 b	4,32 ± 0,49 a

Legenda: L. - largura; perp. – perpendicular.

Para cada parâmetro, valores acompanhados de letras diferentes indicam que ANOVA revelou diferenças significativas ( $P < 0,05$ ).

Não se verificaram diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos na altura das árvores nem na largura da copa segundo a perpendicular à linha de árvores (tabela 4.3). Isto mostra que o nível de crescimento vegetativo em altura foi similar em ambos os tratamentos, mas foi maior na largura da copa perpendicular à linha de árvores do tratamento 2 visto que inicialmente as árvores deste tratamento registavam uma menor largura (tabela 4.2). A remoção de pernadas no tratamento 2 poderá ter contribuído para este resultado, levando a que o crescimento vegetativo ocorresse nas faces laterais exteriores da copa.

Verificaram-se diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) na distância da base da copa ao solo com o tratamento 2 a mostrar um maior desenvolvimento vegetativo nesta zona da copa, como resultado da maior intensidade de poda a que este tratamento foi submetido (mais madeira removida).

Verificaram-se ainda diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) na largura da copa segundo a linha de árvores, a mostrar um menor desenvolvimento vegetativo nesta zona da copa no tratamento 2, como resultado da remoção de pernadas efetuada.

A tabela 4.4 apresenta as dimensões da copa das árvores de ambos os tratamentos após a poda de 2021. Os valores médios da largura da copa segundo a linha de árvores e na perpendicular a esta não foram monitorizados visto que as intervenções de poda realizadas se limitaram a controlar a altura das árvores e a distância da base da copa ao solo.

Tabela 4.4 -Dimensão das árvores após a poda de 2021 (média ± desvio padrão)

Tratamento	Época	Altura árvores (m)	Base da copa (m)	L. copa linha (m)	L. copa prep. linha (m)
T1	P 21	3,72 ± 0,12 a	1,07 ± 0,10 a	N.d.	N.d.
T2		3,74 ± 0,13 a	1,06 ± 0,08 a	N.d.	N.d.

Legenda: L. - largura; perp. - perpendicular; N.d. – não determinado.

Para cada parâmetro, valores acompanhados de letras diferentes indicam que ANOVA revelou diferenças significativas ( $P < 0,05$ ).

Atendendo às intervenções de poda efetuadas em 2021 não se verificaram diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) nos parâmetros monitorizados (tabela 4.4) conforme era expectável porque os cortes foram efetuados mecanicamente de forma uniforme em ambos os tratamentos.

A tabela 4.5 apresenta as dimensões da copa das árvores de ambos os tratamentos antes da colheita de 2021.

Tabela 4.5 -Dimensão das árvores antes da colheita de 2021 (média ± desvio padrão)

Tratamento	Época	Altura árvores (m)	Base da copa (m)	L. copa linha (m)	L. copa perp. linha (m)
T1	C 21	4,32 ± 0,24 a	0,69 ± 0,16 a	4,45 ± 0,32 a	4,56 ± 0,41 a
T2		4,22 ± 0,20 a	0,66 ± 0,16 a	4,19 ± 0,53 b	4,59 ± 0,43 a

Legenda: L.- largura; perp.- perpendicular.

Para cada parâmetro, valores acompanhados de letras diferentes indicam que ANOVA revelou diferenças significativas ( $P < 0,05$ ).

Não se verificaram diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos em termos de altura das árvores, distância da base da copa ao solo e largura da copa segundo a perpendicular à linha de árvores, revelando que as intervenções de poda realizadas não tiveram nenhum efeito nestas dimensões da copa.

Verificou-se que após duas épocas de crescimento as árvores submetidas ao tratamento 2 tinham uma copa mais estreita que as do tratamento 1, revelando uma menor resposta vegetativa na zona onde foi efetuada a remoções das pernadas.

Os resultados obtidos indicados na tabela 4.5 mostram que as intervenções de poda no controlo da altura das árvores e na distância da base da copa ao solo garantiram uniformidade na dimensão das árvores segundo estes parâmetros, tal como se pretendia.

A menor largura de copa segundo a linha de árvores no tratamento 2 indica que duas épocas de crescimento após a poda, levaram a um menor crescimento nessa zona da copa. Embora o objetivo inicial fosse eliminar os ramos desta zona da copa (Figura 3.18) este resultado parece indicar que a árvore tende a ocupar os espaços vazios, contrariamente ao que se pretendia.

Os parâmetros indicados nas tabelas 4.2 a 4.5 referem-se às dimensões exteriores da copa, pelo que era desejável dispor de meios que permitissem avaliar o volume da copa das árvores em função das intervenções de poda realizadas.

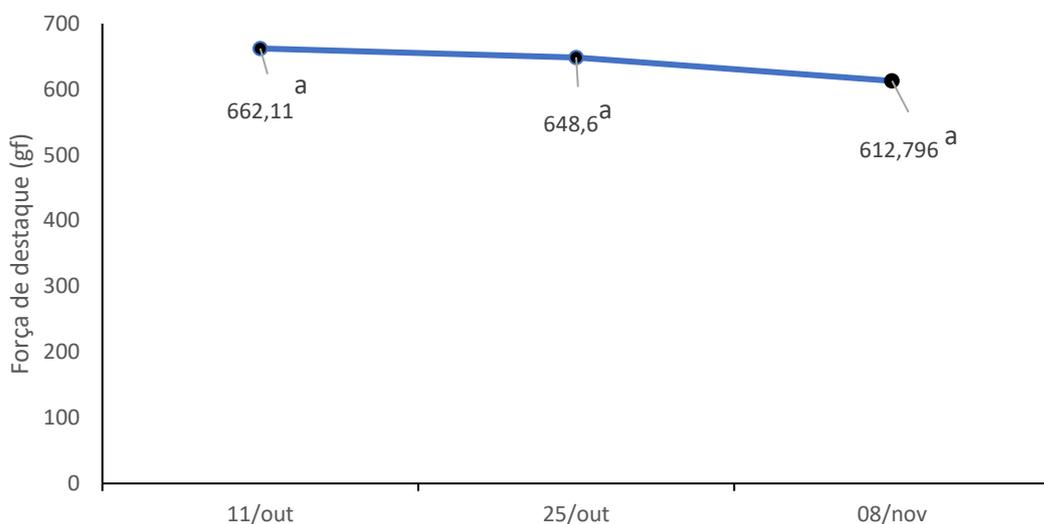
A monitorização desses volumes de copa com recursos a sensores LIDAR 3D (Roma & Catania, 2022) permitiria obter uma informação mais precisa da configuração da copa das árvores em ensaio.

### 4.3. Monitorização da maturação da azeitona

#### 4.3.1. Força de destaque

A força de destaque é um dos indicadores utilizados na definição do estado de maturação da azeitona. À medida que o nível de maturação aumenta tende a haver uma diminuição da força necessária para destacar a azeitona da árvore.

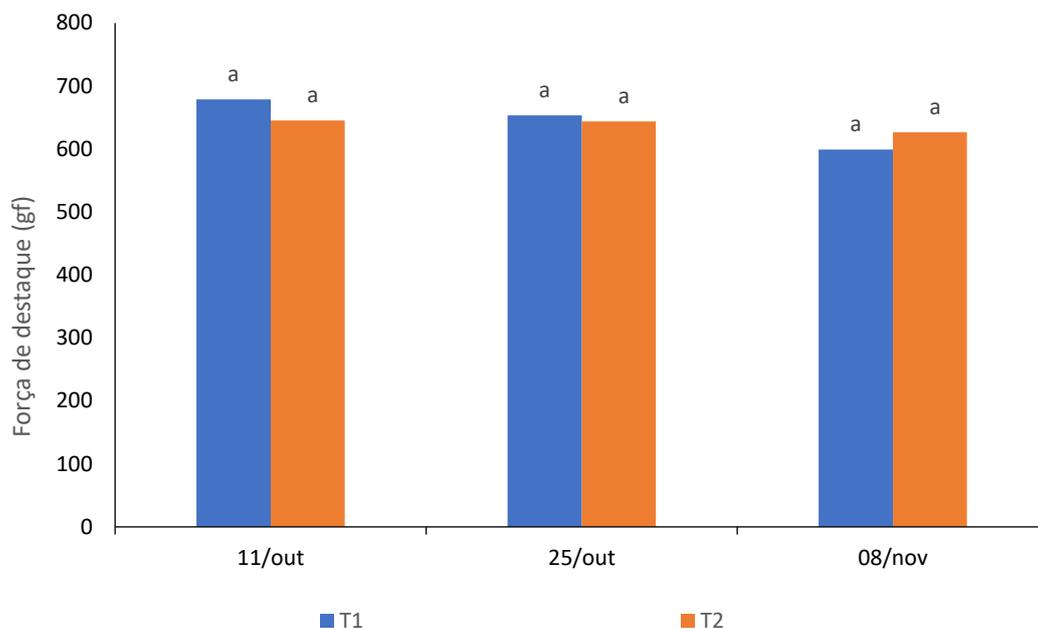
Na figura 4.1 mostra-se a evolução da força de destaque obtida durante a monitorização da maturação da azeitona. Verificou-se uma ligeira diminuição da força de destaque ao longo do período de monitorização, sem se registarem diferenças significativas entre as datas da monitorização ( $P > 0,05$ ). Este resultado coincide com o comportamento referido por Hermoso *et al.* (1997), que mostra uma redução de cerca de 35% na força de destaque ao longo de 17 semanas de observação, apesar de terem obtido apenas uma redução de 13% no primeiro mês.



Valores acompanhados de letras distintas diferem significativamente entre si ( $P \leq 0,05$ ), segundo o teste de separação de médias de Tukey.

Figura 4.1 -Evolução da força de destaque da azeitona (valores médios) ao longo do período de monitorização.

A figura 4.2 apresenta os valores da força de destaque, em cada tratamento, obtidos em cada uma das datas do período de monitorização, não se tendo verificado diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos em cada uma das datas consideradas, o que mostra que as intervenções de poda não tiveram influência na força de destaque.



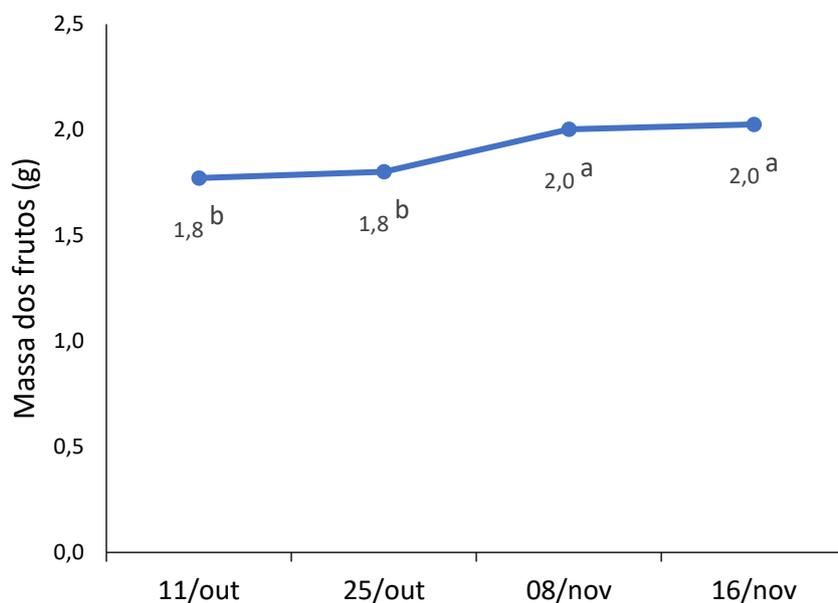
Para cada data, colunas acompanhadas de letras distintas diferem significativamente entre si ( $P \leq 0,05$ ).

Figura 4.2 -Força de destaque da azeitona (valores médios), em cada tratamento e por data de amostragem.

Sendo uma característica com forte componente varietal (Hermoso *et al.*, 1997), a influência da poda apenas poderia ocorrer se as podas realizadas fossem bastante diferentes. Podas mais intensas ao reduzirem o volume de copa levariam a menores produções, como mostra Pastor & Humanes (1998) e com menor produção a maturação da azeitona seria mais rápida, visto que a carga atrasa a maturação (Hermoso *et al.*, 1997).

#### 4.3.2. Massa dos frutos

Na figura 4.3 mostra-se a evolução da massa por fruto, durante o período em que decorreu a monitorização da maturação e que antecedeu a colheita da azeitona. Verificaram-se diferenças significativas ( $P < 0.05$ ) entre datas, com os valores obtidos em outubro a diferirem significativamente ( $P \leq 0.05$ ) dos valores obtidos em novembro.



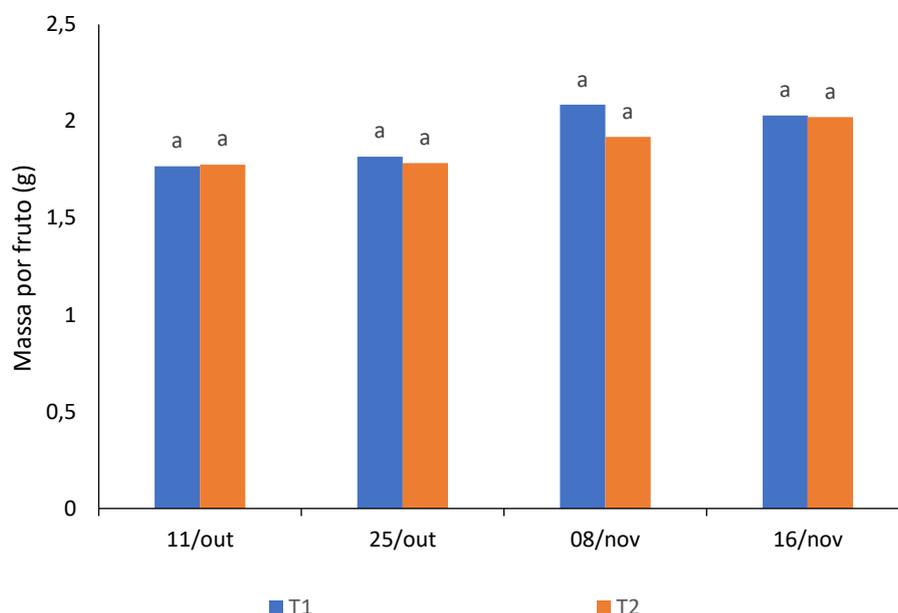
Valores acompanhados de letras distintas diferem significativamente entre si ( $P \leq 0,05$ ), segundo o teste de separação de médias de Tukey.

Figura 4.3 -Evolução da massa por fruto (valores médios) ao longo do período de monitorização.

O aumento da massa dos frutos registado entre 25 de outubro e 8 de novembro poderá dever-se a uma maior disponibilidade de água no solo para a qual contribuíram as chuvas ocorridas entre 29 de outubro e 3 de novembro, espaço de tempo no qual houve uma precipitação de 66,2 mm.

Os resultados obtidos são semelhantes aos que Ferro *et al.* (2020) registaram na mesma parcela de olival em 20 de novembro de 2019, com um máximo de 2,04g por fruto. Esta massa por fruto é similar à referida por Del Rio & Caballero (2004) como típica da variedade ‘Galega vulgar’.

Na figura 4.4 mostra-se a massa da azeitona por tratamento, em cada uma das datas do período de monitorização, não se tendo verificado diferenças significativas ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos em cada uma das datas.



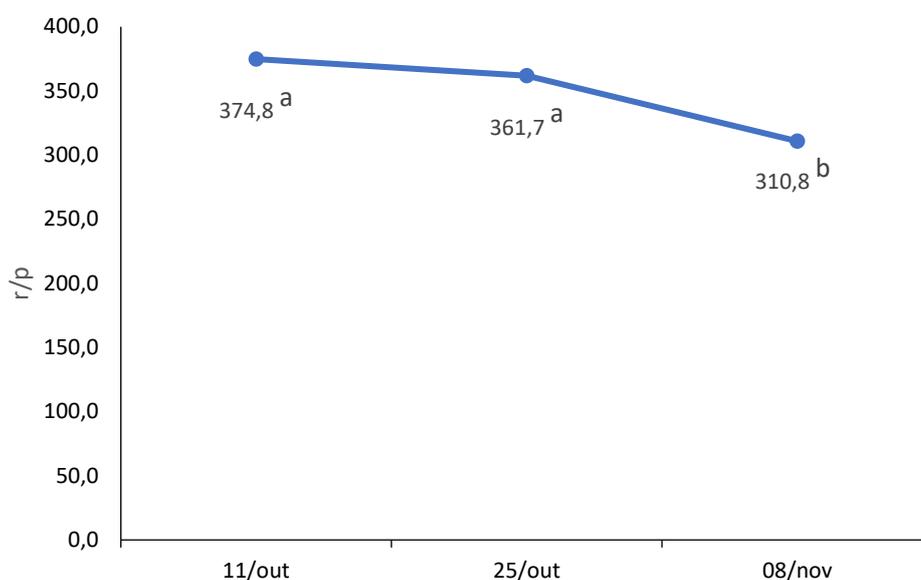
Para cada data, colunas acompanhadas de letras distintas diferem significativamente entre si ( $P\leq 0,05$ ).

Figura 4.4 - Massa por fruto (valores médios) em cada tratamento e por data de amostragem.

De forma semelhante ao que se verificou na força de destaque da azeitona estes resultados mostram que as podas executadas não tiveram nenhum efeito no desenvolvimento do fruto. A intensidade da poda influencia a dimensão dos frutos visto que a podas mais intensas correspondem menores níveis de produção com frutos de maior dimensão (Garcia-Ortiz *et al.*, 1997). Um exemplo deste tipo de práticas são as tradicionais podas severas efetuadas na zona de Sevilha nos olivais de sequeiro destinados à produção de azeitona de mesa que visavam a redução do número de frutos por árvore para que os restantes alcançassem maiores dimensões e maior valorização no mercado (Pastor & Humanes, 1998). Referir, no entanto, que estes autores consideravam esta prática pouco aconselhável visto levar a uma progressiva desvitalização do olival.

### 4.3.3. Relação entre a força de destaque e massa dos frutos

A figura 4.5 mostra a evolução da relação entre a força necessária para o destaque dos frutos (R) e a massa dos frutos (P), vulgarmente designado como índice RP, durante o período em que decorreu a monitorização da maturação. Verificou-se que ao longo de cerca de um mês de observações se registou uma diminuição do índice RP, tendo-se obtido o valor mais baixo no dia 8 de novembro o qual foi significativamente inferior ( $P < 0,05$ ) aos que se obtiveram nos outros dias. A ligeira redução da força de destaque associada ao aumento da massa dos frutos obtidos no dia 8 de novembro traduziu-se nesta redução do índice RP.

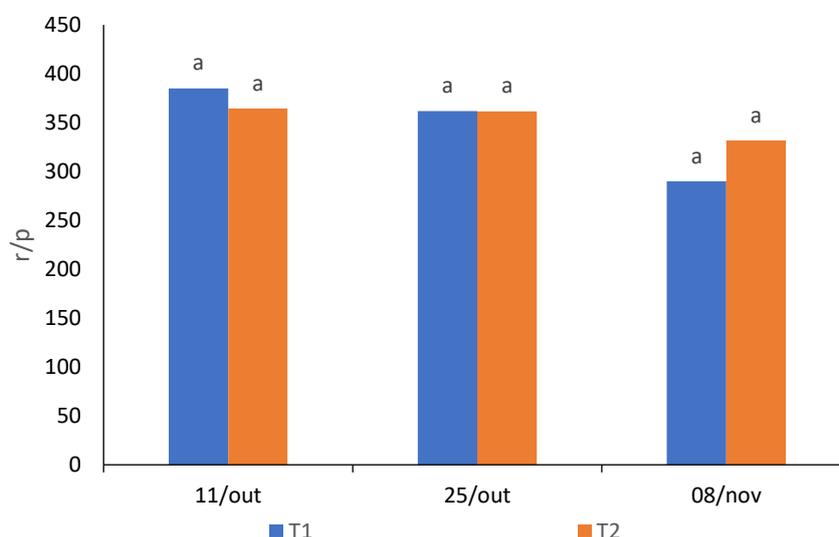


Valores acompanhados de letras distintas diferem significativamente entre si ( $P \leq 0,05$ ), segundo o teste de separação de médias de Tukey.

Figura 4.5 -Evolução do índice RP (valores médios), ao longo do período de monitorização.

Tsatsarelis *et al.* (1984) referem que a relação RP decresce com o decorrer da maturação, atinge um valor mínimo e volta a aumentar. É a desidratação do fruto na fase final da maturação que causa o aumento final. Para Almeida (2002), no caso da colheita por vibração ao tronco, pode-se usar o valor de RP; para selecionar o período ótimo de colheita pois a quantidade de frutos colhidos aumenta quando a força de destaque diminui e o peso dos frutos aumenta. No entanto, tal como afirmam Tsatsarelis *et al.* (1984) o valor mínimo de RP, depende da cultivar em causa.

A figura 4.6 apresenta o índice RP por tratamento em cada uma das datas em que se realizou a monitorização da maturação. Tal como aconteceu nos parâmetros referidos nos pontos anteriores, também não se verificaram diferenças significativas ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos no índice RP, em qualquer das datas.



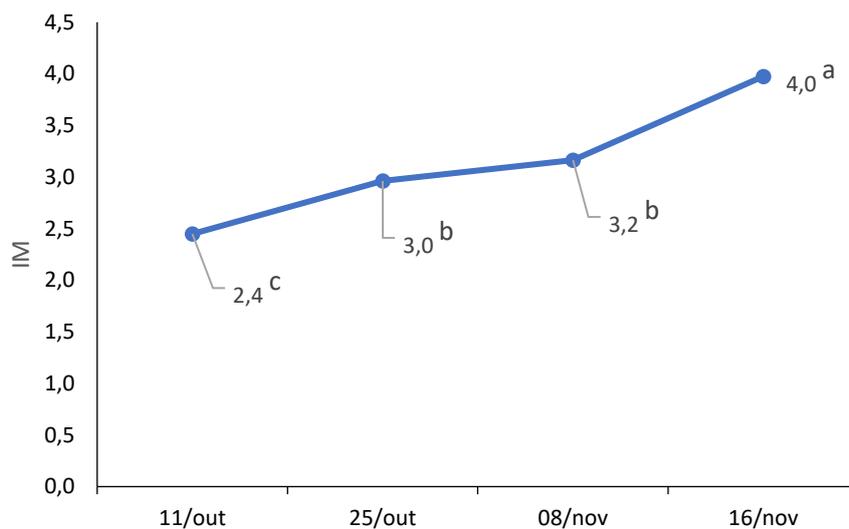
Para cada data, colunas acompanhadas de letras distintas diferem significativamente entre si ( $P\leq 0,05$ ).

Figura 4.6 -Índice RP (valores médios) em cada tratamento e por data de amostragem.

#### 4.3.4. Índice de maturação

A figura 4.7 mostra a evolução do índice de maturação durante o período em que decorreu a monitorização da maturação da azeitona. Verificaram-se diferenças significativas ( $P<0,05$ ) entre as datas, tendo-se obtido o maior valor do índice no dia 16 de novembro, o qual foi significativamente superior ( $P<0,05$ ), aos registados nas outras datas. Conforme era de esperar obteve-se o menor valor do índice no dia 11 de outubro, o qual foi significativamente diferente ( $P\leq 0,05$ ) dos obtidos nos dias 25 de outubro e 8 de novembro, que não diferiram significativamente entre si ( $P>0,05$ ).

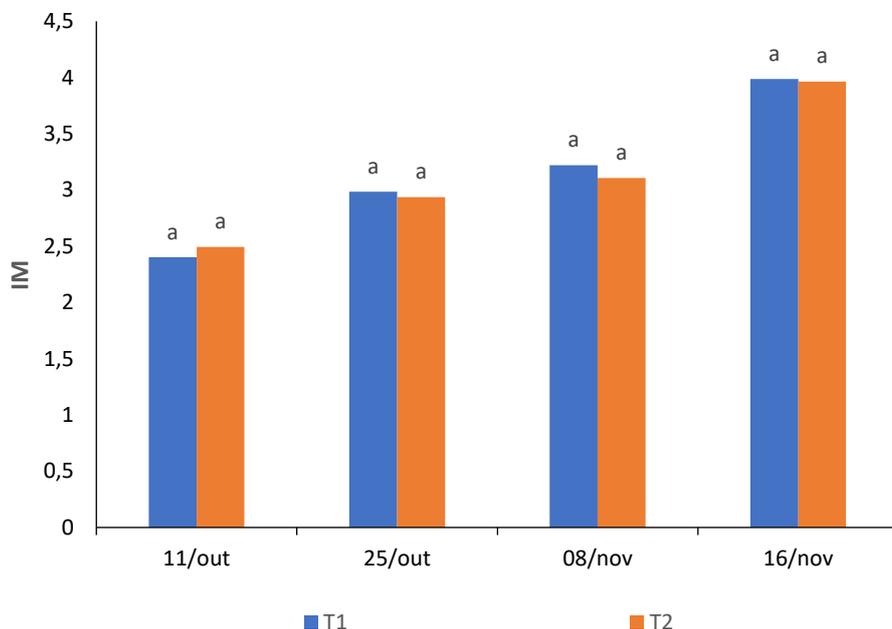
Segundo Pastor *et al.*, (1998) para as principais variedades espanholas um índice de maturação entre 3,5 e 4 indica que todo o azeite se encontra formado, que coincide com o desaparecimento dos frutos verdes, pelo que Porras (1997) aconselha a realizar a colheita. No caso da variedade ‘Galega vulgar’, Ferro *et al.* (2020) registaram em 2019 na mesma parcela de olival, uma variação semelhante no índice de maturação, com um máximo de 4 no dia 20 de novembro.



Valores acompanhados de letras distintas diferem significativamente entre si ( $P \leq 0,05$ ), segundo o teste de separação de médias de Tukey.

Figura 4.7 -Evolução do índice de maturação (valores médios) ao longo do período de monitorização.

A figura 4.8 apresenta o índice de maturação por tratamento em cada uma das datas do período de monitorização. não se tendo verificado diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos em cada uma das datas consideradas.



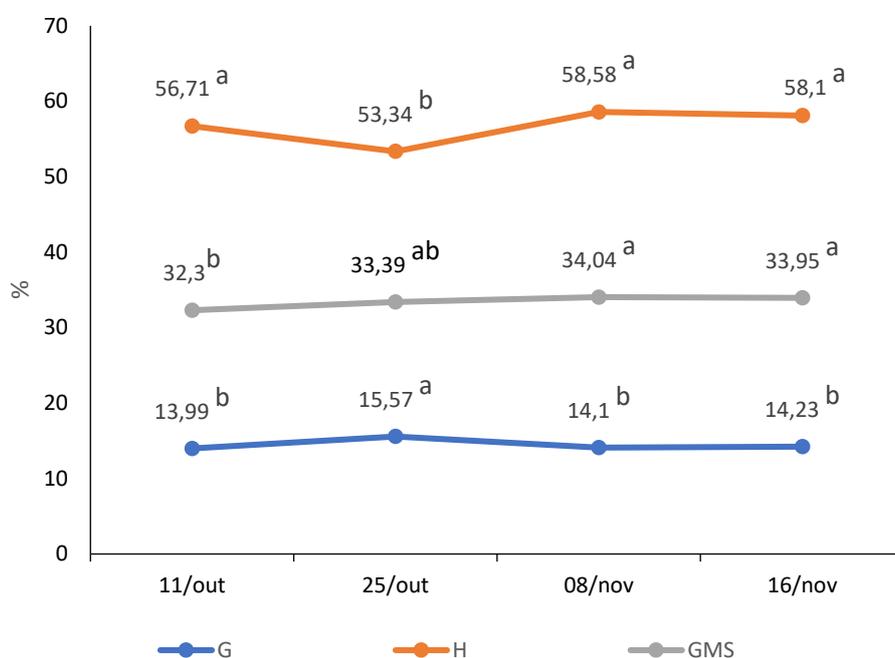
Para cada data, colunas acompanhadas de letras distintas diferem significativamente entre si ( $P \leq 0,05$ ).

Figura 4.8 -Índice de maturação da azeitona (valores médios) em cada tratamento e por data de amostragem.

#### 4.3.5. Teor em gordura na azeitona

Na figura 4.9 mostra-se a evolução do teor em gordura e da humidade da azeitona ao longo do período de monitorização da maturação e na data da colheita. Verificaram-se diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre as datas para qualquer dos parâmetros avaliados.

Em relação à gordura na matéria fresca os valores obtidos mostram uma relativa uniformidade, tendo-se apenas registado um maior teor em gordura no dia 25 de outubro, que diferiu significativamente dos obtidos nas restantes datas ( $P < 0,05$ ). Tal corresponde ao dia em que se registou o menor valor na humidade dos frutos, que foi significativamente inferior ( $P < 0,05$ ) às obtidas nas outras datas.



Legenda: G- Gordura na matéria fresca; GMS-Gordura na matéria seca; H-Humidade.

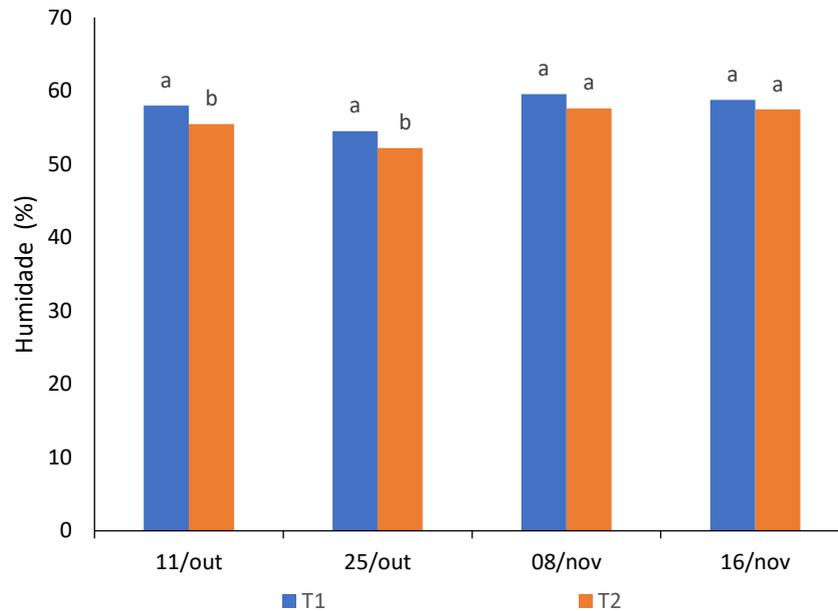
Valores acompanhados de letras distintas diferem significativamente entre si ( $P \leq 0,05$ ), segundo o teste de separação de médias de Tukey.

Figura 4.9 -Evolução do teor em gordura e humidade da azeitona (valores médios).

Analisando a evolução do teor de gordura na matéria seca constata-se que houve um aumento da gordura ao longo do tempo, tendo-se registado diferenças significativas ( $P \leq 0,05$ ) entre os valores obtidos em outubro e os obtidos em novembro. Os valores de novembro mostram uma estabilização do teor de gordura indiciando que possivelmente já não haveria aumentos consideráveis. Estes teores de gordura são semelhantes aos registado por Ferro *et al.* (2020) em 2019 na mesma parcela de olival, embora

ligeiramente menores do que os 36% referidos por Del Rio & Caballero (2004) como característicos desta variedade.

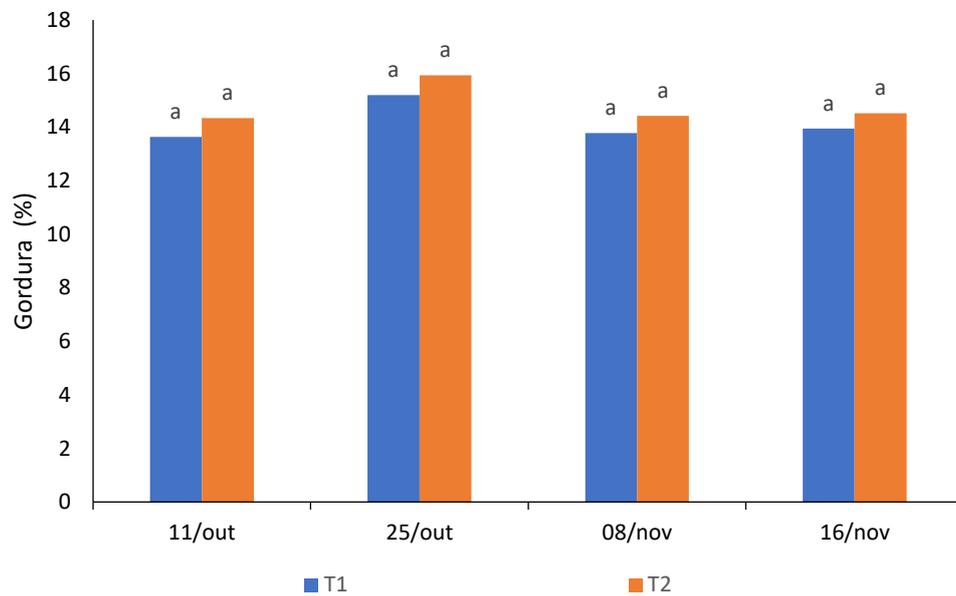
Na figura 4.10 mostra-se a percentagem de humidade da azeitona por tratamentos, em cada data, tendo-se verificado diferenças significativas entre os tratamentos nas duas primeiras datas ( $P < 0,05$ ).



Para cada data, colunas acompanhadas de letras distintas diferem significativamente entre si ( $P \leq 0,05$ ), segundo o teste de separação de médias de Tukey.

Figura 4.10 - Teor de humidade da azeitona (valores médios) por tratamento em cada uma das datas.

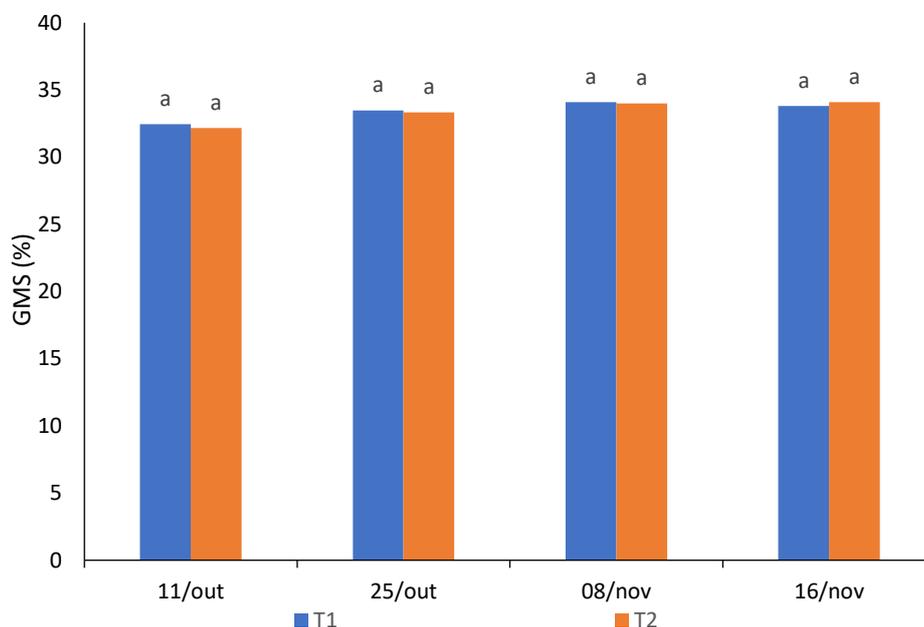
Na figura 4.11 mostra-se o teor em gordura da azeitona na matéria fresca por tratamentos, em cada data, não se tendo verificado diferenças significativas entre os tratamentos ( $P>0,05$ ).



Para cada parâmetro, colunas acompanhadas de letras distintas diferem significativamente entre si ( $P\leq 0,05$ ), segundo o teste de separação de médias de Tukey.

Figura 4.11 - Teor em gordura (valores médios) por tratamento em cada uma das datas de amostragem.

A figura 4.12 apresenta o teor em gordura da azeitona na matéria seca por tratamento em cada uma das datas, não se tendo verificado diferenças significativas ( $P>0.05$ ) entre os tratamentos, em qualquer das datas.



Para cada data, colunas acompanhadas de letras distintas diferem significativamente entre si ( $P\leq 0,05$ ).

Figura 4.12 -Teor em gordura na matéria seca (valores médios) em cada tratamento e por data de amostragem.

Os resultados obtidos mostram que as diferentes intervenções de poda não tiveram influência no teor em gordura da azeitona, por se tratar de uma característica com forte influência varietal. Da mesma forma que em relação ao índice de maturação e à força de destaque (Hermoso *et al.*, 1997), a influência da poda no teor em gordura da azeitona apenas se poderia sentir se os tratamentos de poda realizados fossem muito diferentes, resultando em volumes de copa após a poda muito distintos. Podas com maior severidade penalizariam a produção de azeitona com o conseqüente impacto económico.

#### 4.4. Produção de azeitona

Na tabela 4.6 mostra-se a produção de azeitona e a eficiência de colheita obtida em média em cada um dos tratamentos.

Tabela 4.6 -Produção de azeitona e eficiência de colheita por tratamento, em 2021 (média  $\pm$  desvio padrão)

Tratamentos	Produção de azeitona	Eficiência de colheita			
		Azeitona destacada	Azeitona por destacar	Azeitona destacada	Azeitona por destacar
	(Kg / árvore)	(Kg / árvore)		(%)	
T1	45,8 $\pm$ 6,77 a	34,3 $\pm$ 5,97 a	11,5 $\pm$ 6,15 a	75,3 $\pm$ 12,4 a	24,66 $\pm$ 12,4 a
T2	40,1 $\pm$ 11,48 a	29,9 $\pm$ 7,73 a	10,2 $\pm$ 4,93 a	75,4 $\pm$ 6,4 a	24,59 $\pm$ 6,4 a

Para cada parâmetro, colunas acompanhadas de letras distintas diferem significativamente entre si ( $P \leq 0,05$ ), segundo a análise de variâncias ANOVA.

Os resultados obtidos mostram que as intervenções de poda realizadas, quer em 2020, quer em 2021 não influenciaram a produção de 2021, visto não se terem obtido diferenças significativas entre os tratamentos ( $P > 0,05$ ).

As intervenções de poda realizadas em 2020 na parte interior da copa não originaram diferenças significativas entre os tratamentos ( $P > 0,05$ ) na eficiência de colheita da MCCA no ano seguinte (2021).

A eliminação anual dos lançamentos indesejáveis evitava que as árvores produzissem azeitona em zonas da copa de mais difícil acesso às varetas do mastro vibratório da MCCA.

Uma possibilidade de eliminação anual destes lançamentos indesejáveis era coincidir a sua remoção com a dos “pés-de-burro” (rebentos oriundos da base do tronco) que se faz antes da colheita. Embora esta opção levasse a um aumento do tempo gasto na tarefa “eliminação dos pés-de-burro” apenas se faria uma vez por campanha e a sua realização apenas se justificaria se contribuísse para uma efetiva melhoria da eficiência de colheita da MCCA.

Um exemplo do risco de implementar práticas para melhorar a eficiência dos equipamentos de colheita ocorreu na época do desenvolvimento da colheita mecânica por vibração ao tronco. A poda de adaptação à colheita mecânica era a que obtinha uma maior

eficiência de colheita do vibrador de tronco, mas essas árvores tinham um nível de produção inferior (Dias, 2006).

A eficiência de colheita obtida com a MCCA neste ensaio (75%) situa-se ao nível da eficiência de colheita média registada por Dias *et al* (2020), Dias *et al* (2022), Dias *et al* (2023) que foi de 74%, 80% e 70% respetivamente, apesar de terem sido realizados na variedade Picual que se considera de mais fácil destaque do que a variedade Galega.

Referir ainda que neste trabalho a MCCA trabalhou com uma velocidade de avanço de 0,3 km/hora enquanto que nos ensaios de Dias *et al.* (2020), Dias *et al.* (2022) e Dias *et al.* (2023), referidos no parágrafo anterior a colheita foi sempre realizada no intervalo de velocidades compreendido entre 0,4km/h e 1,0km/h.

Embora não tenha encontrado nenhuma referência sobre o efeito da quantidade de azeitona por árvore, neste trabalho o nível produtivo era de cerca de 43kg/árvore enquanto nos ensaios de Dias *et al.* (2020), Dias *et al.* (2022) e Dias *et al.* (2023) era de 26 kg/árvore.

Uma produção mais elevada significa mais frutos por copa, podendo ser mais difícil encaminhar a vibração para todos esses frutos. Como a massa da azeitona ‘Galega vulgar’ é de cerca de 2g/fruto, uma produção de 40 kg/árvore equivale a cerca de 20 000 azeitonas por árvore em média, enquanto com uma produção de 20kg por árvore temos 10 000 frutos por copa. Esta constatação leva a pensar que será mais difícil obter elevadas eficiências de colheita em árvores carregadas com muitos frutos de pequena dimensão.

A eficiência de colheita da MCCA neste trabalho foi inferior aos 91% obtidos por Ravetti *et al.* (2010) com a Colossus XL na colheita tardia das variedades Barnea e Frantoio. Em relação aos trabalhos realizados em Espanha pode-se dizer que a eficiência de colheita da MCCA não é muito diferente dos 79% que Sola-Guirado *et al.* (2014) obtiveram com a máquina OXbo adaptada num olival de Hojiblanca em colheita tardia.

Finalmente é de referir que os 75% de eficiência da MCCA foram superiores aos obtidos por Ferguson *et al.* (1999) na colheita de azeitona de conserva da variedade Maçanilha.

#### **4.5. Classificação da produção**

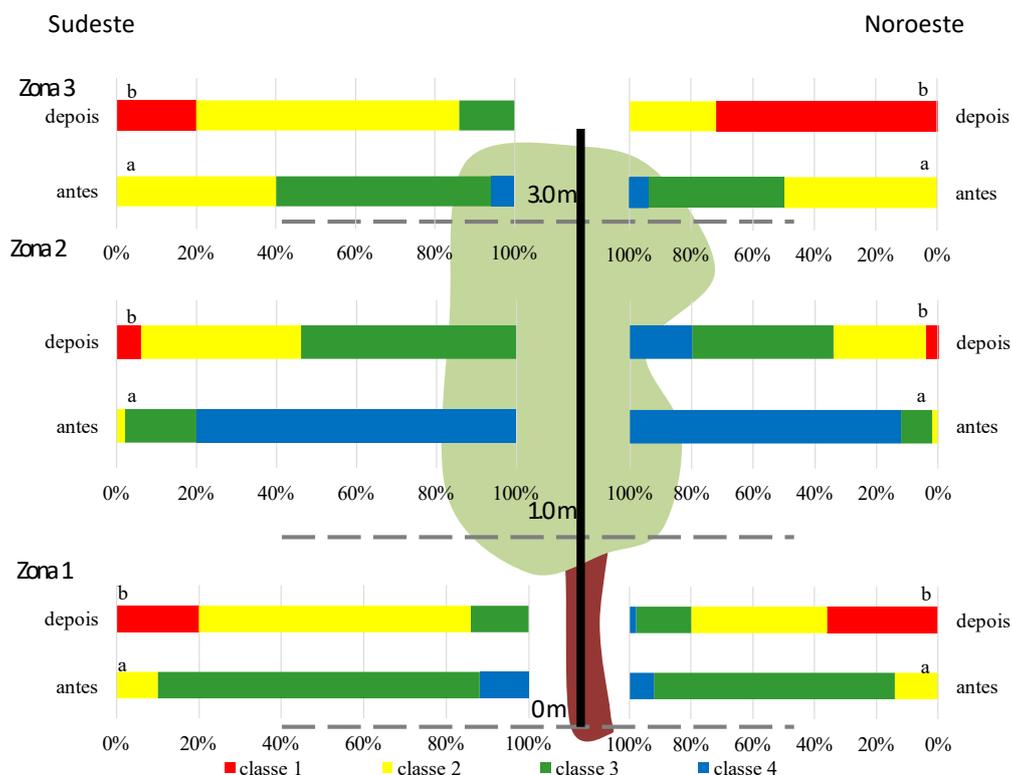
A figura 4.13 mostra a classificação vertical da distribuição da azeitona antes e depois da colheita, em cada um dos lados da copa. Para cada lado da copa foram definidas 3 zonas e em cada zona foi atribuída uma das seguintes classes, árvore a árvore: classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4.

Antes da colheita verificou-se que a zona 2 registava a maior percentagem de árvores com a classificação “produção abundante”, enquanto na zona 1 a maior percentagem das árvores pertencia à classe “produção média” e na zona 3 a maior parte das árvores foi classificada com “produção fraca” a “produção média”.

A massa dos frutos dos ramos da base da copa associado ao facto de serem ramos flexíveis faz com que dobrem levando ao aparecimento de azeitona abaixo do nível do corte realizado em março de 2021 na base da copa. Tal leva a que após a colheita ainda permaneça alguma azeitona por colher visto que o 1º andar de varetas do mastro vibratório se situa a cerca de 1m do solo

O “topping” realizado em 2021 a cerca de 3,6m de altura faz com que a faixa produtiva da zona 3 esteja limitada ao volume da copa compreendido entre os 3,0m e os 3,6m, apesar da altura das árvores á colheita se situar entre os 4,2m e os 4,3m. Este acréscimo na altura das árvores deve-se ao aparecimento de novos lançamentos na parte superior da copa que não são produtivos.

Na figura 4.13 pode verificar-se que após a colheita existe uma redução significativa da quantidade de azeitona em todas as zonas avaliadas.



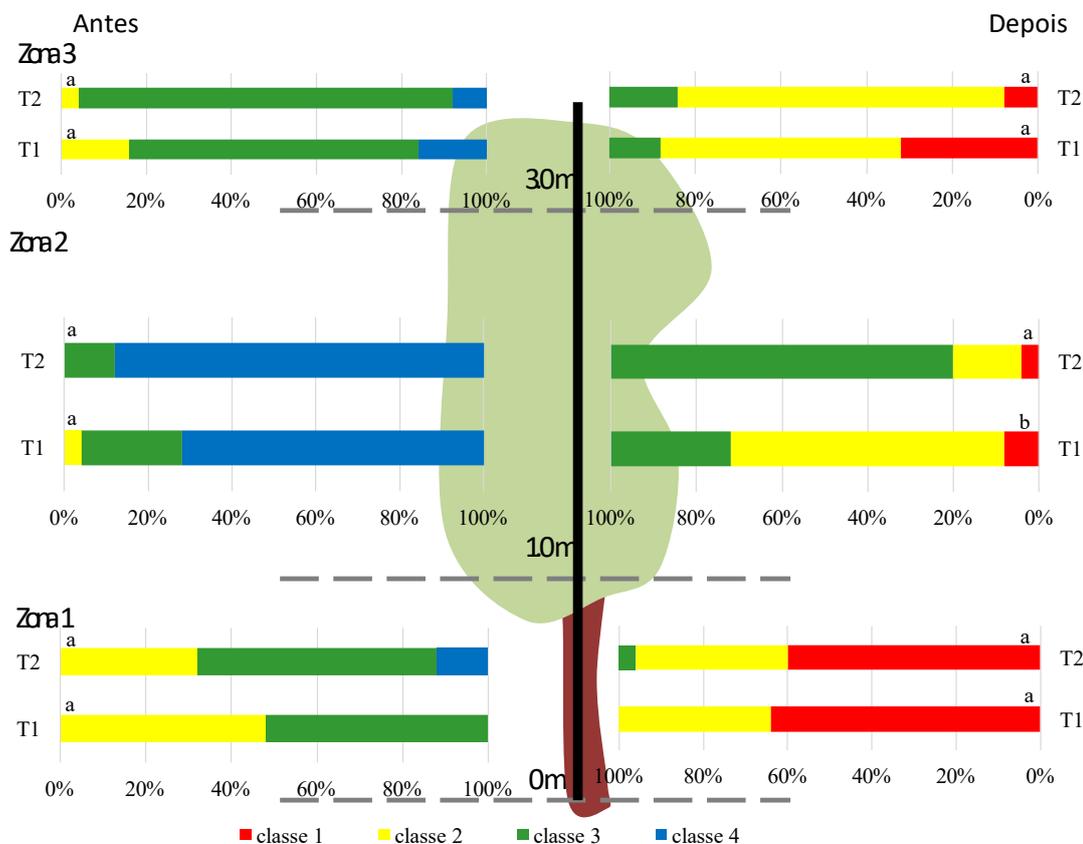
Legenda: - classe 1: sem produção; - classe 2: produção fraca; - classe 3: produção média; - classe 4: produção abundante.

Barras acompanhadas de letras distintas diferem significativamente entre si ( $P \leq 0,05$ ), segundo o teste não paramétrico de Mann-Whitney.

Figura 4.13 - Classificação vertical da distribuição da produção de azeitona antes e depois da colheita em ambas as faces laterais da copa.

Ao realizar a colheita ocorreu uma diminuição considerável do número de árvores classificadas com o nível de produção abundante. Este resultado está de acordo com o pretendido, apesar de não se ter removido toda a azeitona das árvores. Verificou-se que houve uma % de árvores que ficaram sem azeitona, mas, embora em menor percentagem, ainda permaneceram algumas árvores classificadas com um nível fraco, mediano e abundante. Foi na zona intermédia que ficou mais azeitona por destacar, principalmente do lado noroeste. Ramos situados nas faces laterais da copa que estejam salientes tendem a fletir no sentido do deslocamento da MCCA podendo dificultar a interação das varetas com os ramos que são “tapados” com a consequente redução da azeitona destacada. Tal poderá explicar terem ficado cerca de 10% das árvores classificadas com uma produção abundante após a colheita no lado noroeste.

Na figura 4.14 mostra-se a classificação vertical da distribuição da azeitona por tratamento antes e depois da colheita, no lado sudeste da copa.



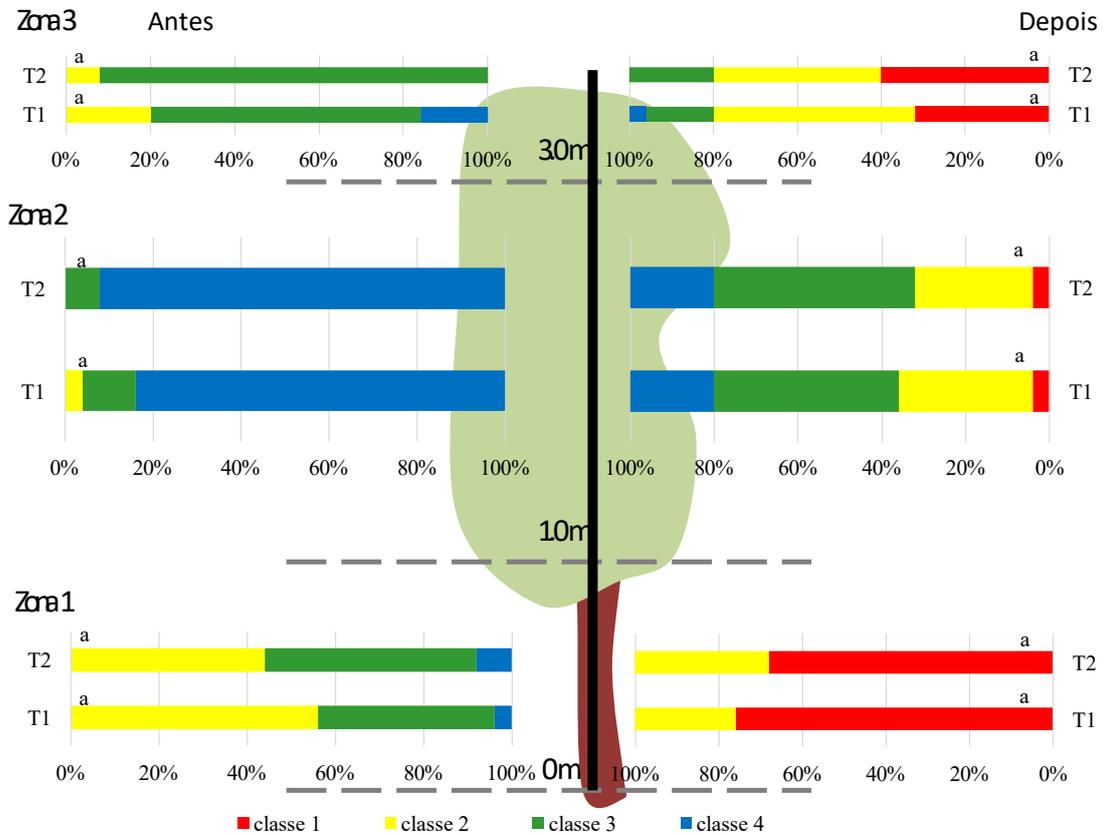
Barras acompanhadas de letras distintas diferem significativamente entre si ( $P \leq 0,05$ ), segundo o teste não paramétrico de Mann-Whitney.

Figura 4.14 -Classificação da produção antes e depois da colheita, em cada tratamento na face lateral da copa virada a sudeste.

Não se verificaram diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos na distribuição da produção pela copa das árvores, antes da colheita.

Após a colheita também não houve diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos nas zonas 1 e 3, tendo-se registado diferenças significativas na zona 2. Tal resultado pode estar associado à maior percentagem de árvores classificadas com um nível de produção abundante no tratamento 2 (antes da colheita), visto que após a colheita neste tratamento a percentagem de árvores sem azeitona era menor do que no tratamento 1.

Na figura 4.15 mostra-se a classificação vertical da distribuição da azeitona por tratamento antes e depois da colheita, no lado noroeste da copa.

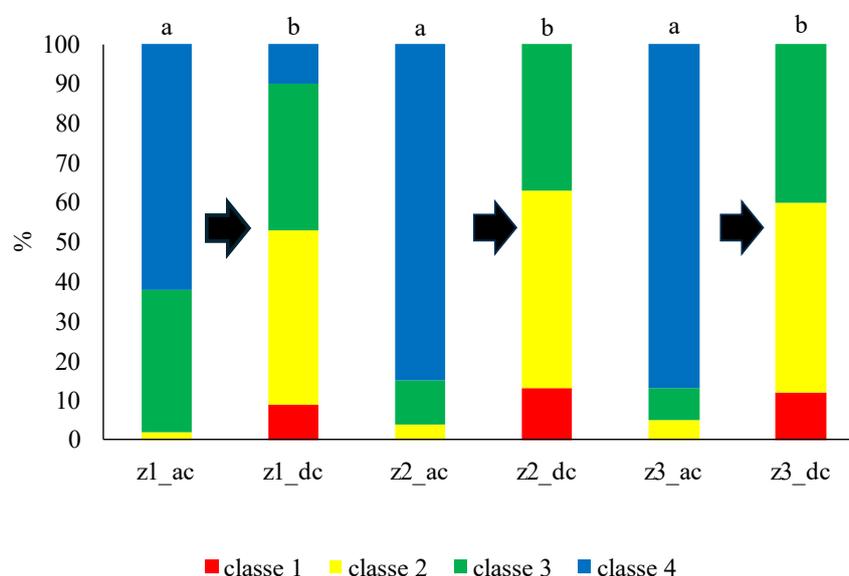


Barras acompanhadas de letras distintas diferem significativamente entre si ( $P \leq 0,05$ ), segundo o teste não paramétrico de Mann-Whitney.

Figura 4.15 -Classificação da produção antes e depois da colheita, em cada tratamento no lado noroeste.

Não se verificaram diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos na distribuição da produção pela copa das árvores (antes da colheita) nem após a colheita.

A figura 4.16 mostra a classificação radial da distribuição da azeitona na copa antes e depois da colheita. Foram definidas 3 zonas radiais (Z1, Z2 e Z3) e em cada zona foi atribuída uma das seguintes classes, árvore a árvore: classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4.



Legenda: \_ac- antes da colheita; \_dc- depois da colheita;  
Barras acompanhadas de letras distintas diferem significativamente entre si ( $P \leq 0,05$ ), segundo o teste não paramétrico de Mann-Whitney.

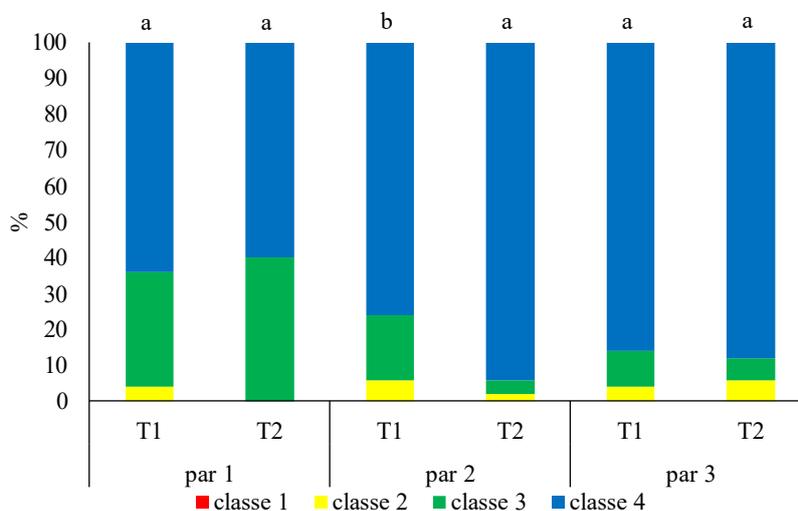
Figura 4.16 -Classificação da distribuição radial da produção em cada zona, antes e depois da colheita.

Verificou-se que as zonas 2 e 3 tinham uma elevada percentagem de árvores com o nível de produção abundante, enquanto na zona 1 quase cerca de 40% das árvores encontravam-se com um nível médio de produção.

Verificou-se que após a colheita existe uma redução significativa da quantidade de azeitona, em todas as zonas avaliadas. Aparecem árvores sem azeitona e com um nível fraco de azeitona na copa, desaparecendo as árvores com nível abundante com exceção da zona 1 que registou cerca de 10% como abundante.

Esta situação justifica-se porque a zona 1 é a de mais difícil acesso para as varetas. De acordo com Aragon-Rodriguez *et al.* (2023) a transmissão da vibração da MCCA à copa das oliveiras é menor na parte interior da copa próximo do tronco, do que na zona exterior.

A figura 4.17 mostra a classificação radial da distribuição da azeitona na copa por tratamento antes da colheita. Foram definidas 3 zonas radiais e em cada zona foi atribuída uma das seguintes classes, árvore a árvore: classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4.



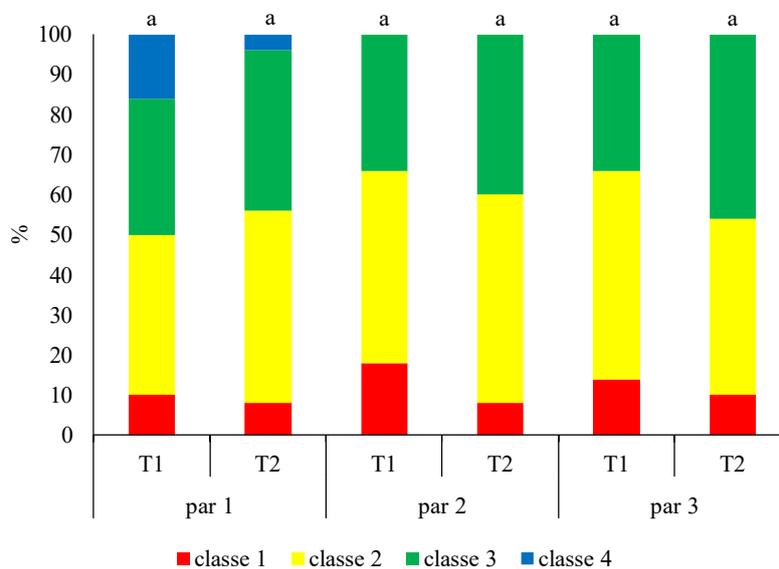
Barras acompanhadas de letras distintas diferem significativamente entre si ( $P \leq 0,05$ ), segundo o teste não paramétrico de Mann-Whitney.

Figura 4.17 -Classificação radial da produção em cada zona, por tratamento e antes da colheita.

Não se verificaram diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos nas zonas 1 e 3, tendo-se obtidos diferenças significativas na zona 2, com o tratamento 2 a apresentar uma maior percentagem de árvores na classe 4 (produção abundante). Esta maior percentagem de árvores no tratamento 2 poderá justificar-se com o preenchimento da zona onde se eliminaram as pernadas na linha de árvores com novos lançamentos durante a época de crescimento de 2020. Esses ramos sendo produtivos terão contribuído para uma produção mais abundante de azeitona nas árvores do tratamento 2.

Estes resultados mostram ainda que no ano seguinte à realização da poda na parte interior da copa (zona 1), independentemente do tipo de poda, já existiam ramos com produção abundante de azeitona, revelando um efeito contrário ao pretendido que era de evitar o aparecimento de azeitona nessa zona, devido à maior dificuldade da MCCA em destacar azeitona no interior da copa (Aragon-Rodriguez *et al.*, 2023).

A figura 4.18 mostra a classificação radial da distribuição da azeitona na copa por tratamento depois da colheita. Foram definidas 3 zonas radiais e em cada zona foi atribuída uma das seguintes classes, árvore a árvore: classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4.



Barras acompanhadas de letras distintas diferem significativamente entre si ( $P \leq 0,05$ ), segundo o teste não paramétrico de Mann-Whitney.

Figura 4.18 -Classificação radial da produção em cada zona, por tratamento e depois da colheita.

Não se verificaram diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos em qualquer uma das zonas consideradas.

Na figura 4.18 é possível verificar que na zona 1, a mais interior, ainda existiam algumas árvores na classe 4 após a colheita, o que representa a dificuldade da máquina em destacar a produção nesta zona, visto que a vibração transmitida a essa zona da copa regista valores mais baixos (Aragon-Rodriguez *et al.*, 2023).

## 5. Conclusões

Neste trabalho de avaliação de duas soluções de poda manual no desempenho do protótipo da Máquina de Colheita em Contínuo de Azeitona (MCCA), verificou-se que no segundo ano após a realização dessas podas no interior da copa, não houve diferenças significativas entre as duas soluções de poda na eficiência de colheita de azeitona com a MCCA.

As intervenções de poda realizadas não originaram diferenças significativas entre os tratamentos na produção de azeitona, o que poderá justificar também não se terem registadas diferenças ao nível dos parâmetros relacionados com a maturação da azeitona (força de destaque, índice RP, índice de maturação e teor em gordura da azeitona na MS) e com a massa por fruto, visto serem parâmetros que dependem consideravelmente da carga de frutos por árvore.

A avaliação qualitativa da distribuição da produção mostrou que nas faces laterais da copa, a azeitona estava maioritariamente situada na zona entre 1m e 3m de altura (zona 2) visto que a percentagem de árvores com produção abundante nesta zona era 84%. Nas zonas situadas abaixo de 1m e acima de 3m de altura, a maioria das árvores tinha um nível de produção médio a fraco, visto que os cortes realizados em 2021 foram efetuados nessas zonas da copa.

Após a execução da colheita da azeitona com a MCCA, onde se registou uma eficiência média de cerca de 75%, constatou-se que nas faces laterais da copa 33,3% das árvores ficaram sem azeitona, mas ainda permaneceram algumas árvores com azeitona (níveis fraco, mediano e abundante). Tal poderá dever-se à existência de ramos salientes nas faces laterais da copa que ao fletirem no sentido do deslocamento da MCCA tapam alguns ramos do lado da saída da máquina, dificultando a interação das varetas e deixando ficar azeitona por destacar.

A avaliação qualitativa da distribuição radial da produção na faixa da copa coincidente com a linha de plantação mostrou que a azeitona se localiza nas zonas mais exteriores (zonas 2 e 3), embora se tenham encontrado cerca de 60% das árvores com um nível abundante de produção na parte central da copa (zona 1). Este resultado mostra que a eliminação de ramos da parte interior da copa na poda de 2020 não impediu que no ano seguinte existissem ramos nessa zona da copa.

Após a colheita, a avaliação qualitativa mostra uma redução significativa da quantidade de azeitona em todas as zonas avaliadas, desaparecendo as árvores com nível de produção abundante, com exceção da zona 1 que ainda registou cerca de 10% das

árvores no nível abundante. Embora o objetivo fosse a ausência de árvores com níveis elevados de azeitona por destacar, este resultado vem confirmar o referido por Aragon-Rodriguez et al. (2023). Estes autores indicam que a transmissão da vibração da MCCA à copa das oliveiras é menor na parte interior da copa, próximo do tronco.

Dada a dificuldade da MCCA em destacar a azeitona na parte interior da copa em olivais intensivos, estes resultados sugerem que a opção por podas que eliminem ramos produtivos do interior da copa deveria ser realizada anualmente.

Para melhorar a avaliação de diferentes intervenções de poda na eficiência de colheita da MCCA é necessário conhecer a distribuição dos ramos na copa das oliveiras, para o qual a utilização de sensores LIDAR seria uma mais valia.

Esta decisão deveria ser validada por trabalho experimental onde fossem avaliadas diferentes tipos e periodicidades de poda manual no interior da copa, bem como sistemas alternativos de condução do olival mais adaptados a esta forma de colheita.

## 6. Referências bibliográficas

- Agüera-Vega, J., Blanco, G. L., Castillo, F. J., Castro-Garcia, S., Gil-Ribes, J. A., & Perez-Ruiz, M. (2013). Determination of field capacity and yield mapping in olive harvesting using remote data acquisition. *Depósito de Investigación Universidad de Sevilla*. <https://core.ac.uk/download/pdf/157759400.pdf>
- Almeida, A., & Fernandes-Silva, A. (2023). Organização do trabalho de colheita mecânica em olivais tradicionais. *Agrotec*, (46), 41- 45.
- Almeida, A., Peça, J., Pinheiro, A., Dias, A., Santos, L. S., Reynolds, D., & Lopes, J. (2001). Custos da colheita mecânica de azeitona utilizando vibrador e aparafros. *Agroingeniería 2001*, 151-156.
- Almeida, Arlindo (2002). Avaliação e seleção de sistemas de colheita mecânica de azeitona. *Évora: Universidade*. Tese de Doutoramento em Engenharia Agrícola. <https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/11481>
- Aragon-Rodriguez, F., Dias, A. B., Pinheiro, A., Peça, J., Días, I. L., & Castro-Garcia, S. (2023). Assessment of a side-row continuous canopy shaking harvester and its adaptability to the Portuguese Cobrançosa variety in high-density olive orchards. *Sensors*, 23(3), 1740.
- Barasona, Mata, J. (1994). Mecanización de la recolección de la aceituna: situación actual. *Agricultura: Revista agropecuaria y ganadera*, (746), 798-802.
- Barroso, J., Peça, J. O., Dias, A., B., Pinheiro, A., C., Santos, F., L. (2013). Evolução técnica em olivicultura. Em: *O Grande livro da Olivicultura e do azeite*, 86-97.
- Cardoso, J. Carvalho. (1965). Os Solos de Portugal. Sua classificação, caracterização e génese. 1 - A sul do rio Tejo. Direcção-Geral dos Serviços Agrícolas. Secretaria de Estado da Agricultura. Lisboa.
- Castillo-Ruiz, F. J., Sola-Guirado, R. R., Castro-Garcia, S., Gonzalez-Sanchez, E. J., Colmenero-Martinez, J. T., & Blanco-Roldán, G. L. (2017). Pruning systems to adapt traditional olive orchards to new integral harvesters. *Scientia Horticulturae*, 220, 122-129.
- Castro-García, S., Blanco-Roldán, G. L., Gil-Ribes, J. A., & Agüera-Vega, J. (2008). Dynamic analysis of olive trees in intensive orchards under forced vibration. *Trees*, 22, 795-802.
- Civantos, L., (1988). La nueva olivicultura: Intensificación y mejora de la productividad. *Olivae*, V (21), 26-29.

- Coe orchard equipment, Data de consulta: 20 de setembro de 2024.  
<https://www.coeshakers.com/>
- Del Rio, C., & Caballero, J. M. (2004). Variability and classification of olive cultivars by fruit weight, flesh/stone ratio and oil percentage. In *V International Symposium on Olive Growing* 791, 39-44.
- Dias, A. B., Falcão, J. M., Pinheiro, A., & Peça, J. O. (2020). Evaluation of olive pruning effect on the performance of the row-side continuous canopy shaking harvester in a high density olive orchard. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1631.  
<https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01631>
- Dias, A. B., Falcão, J., Pinheiro, A., & Peça, J. (2022). Evaluation of the influence of mechanical pruning in the performance of the row-side continuous canopy shaking harvester prototype. In *XXXI International Horticultural Congress (IHC2022): III International Symposium on Mechanization, Precision Horticulture, and Robotics: Precision and digital horticulture in field environments* 1360, 137-144.
- Dias, A. B., Peça, J. O., Cardoso, V., Pinheiro, A., Souza, D. R. D., & Falcão, J. M. (2013). Prototype of a side-row continuous canopy shaking harvester for intensive olive orchards. <http://hdl.handle.net/10174/10402>
- Dias, A. B., Pinheiro, A., Falcão, J. M., & Peça, J. O. (2023). Evaluation of the ground speed effect on the performance of the row-side continuous canopy shaking harvester prototype in a high-density olive grove. In *XII Congreso ibérico de agroingeniería.: Libro de actas*, 493-502.
- Dias, A. F. B. (2006). A mecanização da poda do olival. Contribuição da máquina de podar de discos. Tese de Doutoramento, Universidade de Évora (Portugal).
- Dias, A.B., Dias, I., Pinheiro, A., Peça, J.O., Falcão, J.M., Rebola, J., Albardeiro, A.(2022). Soluções mecanizadas para controlo abas em olival, *AGROTEC n° 42*.
- Ferguson L., Reyes H., & Metheny P. (1999). – Mechanical harvesting and hedging of California black ripe (*Olea europea*) cv. ‘Manzanillo’ table olives. - *Acta Horticulturae*, 474: 193-196.

- Ferguson, L., Glozer, K., Crisosto, C., Rosa, U. A., Castro-Garcia, S., Fichtner, E. J., Guinard, J.X., Lee, S.M., Krueger, W.H., Miles, J.A. & Burns, J.K. (2012). Improving canopy contact olive harvester efficiency with mechanical pruning. In *International Symposium on Mechanical Harvesting and Handling Systems of Fruits and Nuts 965*, 83-87.
- Ferro, M. D., Lopes, E., Afonso, M., Peixe, A., Rodrigues, F. M., & Duarte, M. F. (2020). Phenolic profile characterization of ‘Galega vulgar’ and ‘Cobrançosa’ portuguese olive cultivars along the ripening stages. *Applied Sciences*, 10(11), 3930. <https://doi.org/10.3390/app10113930>
- Figueira, M., (2010). Contribuição para a caracterização da evolução do olival no alentejo. *Monografia do Curso de Especialização em Tecnologia Agrária*, Universidade de Évora, Portugal.
- Futch, S. H., & Roka, F. M. (2005). Continuous canopy shake mechanical harvesting systems. Univ. FL–IFAS HS1006.
- Garcia-Ortiz, A., Fernandez, A., Pastor, M., & Humanes (1997). Poda. In *El cultivo del olivo*. Coedição Junta de Andaluzia ed. Espanha: 301-335.
- Giametta, G. (1975). Raccolta delle olive. Influenza delle caratteristiche geometriche della pianta sulla raccolta meccanica delle olive per scuotimento. *Macchine e Motori Agricoli*, 11, Anno XXXII, 185-195.
- Gil-Ribes, J. A., Blanco Roldán, G. L., Castro García, S., Agüera Vega, J., Muñoz Tejada, R., Jiménez Jiménez, F., Rubén, R., Guirado, S., Jiménez Herrera, B., & Zamorano, F. G. (2011). Introducción de un sistema sacudidor de copa para la recolección mecanizada del olivar tradicional de Almazara. In *Proceedings of the Fifteenth Scientific-Technical Symposium EXPOLIVA, Jaen, Spain*, 11-14.
- Gil-Ribes, J., López-Giménez, F. J., Blanco-Roldán., G. L. & Castro-García, S., 2008. Mecanización. In *El cultivo del olivo*. Madrid: Mundiprensa: 435-505.
- Hermoso, M., Uceda, M., Frias, L. & Beltran. G., (1997). Maduración. In *El cultivo del olivo*. Coedição Junta de Andaluzia ed. Espanha: 137-153.
- INE., (2021). Data de consulta: 20 de setembro 2021. [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpgid=ine\\_tema&xpid=INE&tema\\_cod=1510](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpgid=ine_tema&xpid=INE&tema_cod=1510)
- Jacto, Data de consulta: 20 de setembro de 2024 <https://jacto.com/brasil/products/colhedoras-de-cafe/k-3500>
- Jagoda Harvester, Data de consulta: 20 de setembro de 2024 <https://jagodaharvester.com/project/blueberry-harvester-jagoda-300/>

- Jordão, P., Almeida, A. (2014). Plantação. In: *Boas Práticas no Olival e no Lagar*. INIAV, I.P. Lisboa.
- Lexicar Brasil, Data de consulta: 20 de setembro de 2024  
<https://www.lexicarbrasil.com.br/tdi/>
- Martin G.C., 1994 - Mechanical olive harvest: use of fruit loosening agents. - *Acta Horticulturae*, 356: 284-291.
- New Holland, Data de consulta: 20 de setembro de 2024  
<https://agriculture.newholland.com/eu/pt-pt/equipamento/produtos/maquinas-de-vindimar/braud-11-90x-multi>
- Olint (Ed). (2000). Revista número 1 de Agromillora Catalana, S.A.  
<https://dialnet.unirioja.es/revista/12930/A/2000>
- Olint (Ed). (2000). Revista número 2 de Agromillora Catalana, S.A.  
<https://dialnet.unirioja.es/revista/12930/A/2000>
- Pastor, M. & Humanes, J., (1998). A poda del Olivo – Moderna Olivicultura, 3a edición (corregida y actualizada). Editorial Agrícola Española S.A., Madrid.
- Pastor, M., Humanes, J., Vega, V., Castro, J. (1998). Diseño y manejo de plantaciones de olivar. Colección monografías 22/98, Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca, Dirección General de Investigación y Formación Agraria, Servicio de Publicaciones y Divulgación, España, p. 30.
- Peça, J., Almeida, A., Pinheiro, A., Dias, A., Reynolds, D., Santos, L. S., & Lopes, J. (2000). *Manual da colheita mecanizada de azeitona*. Fundação Luís de Molina.
- Peça, J.O., Dias, A.B., Pinheiro, A., Cardoso, V., Reynolds de Souza, D., Falcão, J.M. (2014). Siderow continuous canopy shaking harvester for intensive olive orchards. *Acta Horticulturae*, Number 1057, 391-397.
- Peça, J.O.; Almeida, A.; Pinheiro, A.C.; Dias, A.B.; Santos, L.; Lopes, J.; Gomes, J.A.; Reynolds de Souza, D. (2005) - Ações recentes de investigação e desenvolvimento experimental na colheita mecanizada de azeitona em Portugal. *Revista das Ciências Agrárias*, vol. XXVIII, nº 3/4. I Simpósio Nacional de Engenharia Rural, Lisboa, 13 e 14 de novembro: 399-410.
- Porrás Piedra, A.; Humanes Guillén, J. (1997), Plantaciones de alta densidad en olivar. - Conceptos Necesarios, *Olivae* nº 69 - Diciembre 1997: 44 - 47.
- Porrás Piedra, A.; Porrás Soriano, A.; Soriano Martín, M.L. (1999), Recolección de aceituna - conceptos necesarios para su mecanización, Editorial Agrícola Española s.a., Madrid.

- Ravetti, L., & Robb, S. (2010). Continuous mechanical harvesting in modern Australian olive growing systems. *Advances in Horticultural Science*, 24(1), 71-77.
- Reis, P. (2014). O olival em Portugal dinâmicas, tecnologias e relação com o desenvolvimento rural. *Animar/Projecto RURANIMAR, Ed.*
- Rento, J. F. P. (2022). Avaliação do comportamento da variedade 'Galega vulgar' em olivais em sebe-efeito da utilização de porta-enxerto e do sistema de condução (Dissertação de Mestrado, Universidade de Évora). p. 7.
- Rius, X.; Lacarte, J. (2015). La revolución del olivar; El cultivo en seto. 2ª edición revisada e ampliada, Barcelona: Comgrafic, S.A.
- Roma, E., & Catania, P. (2022). Precision oliviculture: research topics, challenges, and opportunities—a review. *Remote Sensing*, 14(7), 1668.
- Ruiz-Altisent, M., Ortiz-Cañavate Puig-Mauri, J., & Gil Sierra, J. (1993). Mecanización de la recolección de fruta en España. Data de consulta: 19 de setembro de 2024. <https://oa.upm.es/21875/>
- Sierra, J. G. (1996). Recolección de la aceituna. *Vida rural*, (35), 58-60.
- Sola-Guirado, R. R., Castro-García, S., Blanco-Roldán, G. L., Jiménez-Jiménez, F., Castillo-Ruiz, F. J., & Gil-Ribes, J. A. (2014). Traditional olive tree response to oil olive harvesting technologies. *Biosystems Engineering*, 118(1), 186–193. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2013.12.007>
- Sola-Guirado, R. R., Jimenez-Jimenez, F., Blanco-Roldan, G. L., Castro-Garcia, S., Castillo-Ruiz, F. J., & Gil Ribes, J. A. (2016). Vibration parameters assessment to develop a continuous lateral canopy shaker for mechanical harvesting of traditional olive trees. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 14(2). <https://doi.org/10.5424/sjar/2016142-7909>
- Tombesi, A. (1990). Physiological and mechanical advances in olive harvesting. *Acta Horticulturae* 286: 399 - 412.
- Tous, J. (2011). Olive production systems and mechanization. In *XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2011): Olive Trends Symposium-From the 924*, 169-184.
- Tous, J., Hermoso, J. F., & Romero, A. (2010). New trends in olive orchard design for continuous mechanical harvesting. *Advances in horticultural science [rivista dell'ortoflorofutticoltura italiana]*. 24 (N. 1), 2010, 1000-1010.

- Tsatsarelis, C. A., Akritidis, C. B., & Siatras, A. J. (1984). Classification of olive varieties for effective mechanical harvesting. *Transactions of the ASAE*, 27(6), 1669-1673.
- Vieri, M., Bo, A. (2001). Macchine di raccolta per l'olivicultura toscana, Regione Toscana. p. 26.
- Vilar, J., Pereira, J. E., Urieta, D., Menor, A., Caño, S., Barreal, J., & Raya, I. (2019). A olivicultura internacional-difusão histórica, análise estratégica e visão descritiva. Fundação Caja Rural de Jaén