

Valorização de subprodutos lenhocelulósicos da fileira oleícola da Zona de Intervenção de Alqueva

Avaliação do potencial teórico de produção de bioetanol

JOÃO MIGUEL ALVES DE ANDRADE MOREIRA

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Agronómica

Orientadora: Professora Doutora Rita do Amaral Fragoso (ISA)

Júri:

Presidente: Doutor Joaquim Miguel Rangel da Cunha Costa, Professor auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Vogais: Doutora Maria do Rosário da Conceição Cameira, Professora associada do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa;

Doutora Rita do Amaral Fragoso, Professora auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa;

Doutor Luís Jorge Abreu Chorão de Quelhas Duarte, Investigador auxiliar do Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P.

*Em memória dos meus egrégios Avós,
Mariana, Germano e Custódio*

Agradecimentos

Esta dissertação teve o contributo indispensável de várias pessoas a quem não posso deixar de agradecer.

Em primeiro lugar à minha família, por tudo o que me proporcionaram até hoje. Aos meus irmãos, António, Pedro e Francisco, pelas orientações, paciência e todas as ajudas que muito me facilitaram o processo, não só da dissertação, como também ao longo do curso. Em especial aos meus pais, pelo incentivo e apoio em todo o meu percurso e pela oportunidade que me proporcionaram em frequentar o ensino superior.

À minha orientadora, Professora Rita Fragoso, muito obrigado por toda a colaboração, disponibilidade, exigência e acima de tudo muita paciência durante todo o este processo.

Ao excelentíssimo Eng.º António Grave Jesus, Eng.º Henrique Herculano, Eng.º António Sevinate Pinto, Eng.º Luís Souto Barreiros, Eng.º Luís Samarra, Ivan Aldeias, Eng.ª Maria do Carmo Hart, Eng.º Bernardo Botton, Eng.ª Mariana Branco pela amizade, ajudas e conselhos na realização deste trabalho.

Uma palavra de agradecimento para todas as associações, cooperativas e empresas privadas que prontamente se disponibilizaram na realização dos inquéritos, em especial ao produtor Francisco Borges e sua esposa Maria Antónia Borges pelo excelente dia e pela aula de olivicultura tradicional que me foi proporcionado, assim como o seu forte contributo na realização de outros inquéritos.

Aos meus amigos Carolina Couto e José Miguel Falcão, pela motivação durante o desenvolvimento da dissertação e em especial pela grande ajuda na realização dos inquéritos. À minha grande amiga Rosa Pinto, pelas lições de agricultura tradicional entre pausas da dissertação.

Por último, aos meus amigos e colegas, com quem passei tempos inesquecíveis e que não queria deixar de agradecer de forma especial, Maria do Carmo Hart, Madalena Dias Gomes, Júlia Gonçalves, Constança Mendes de Almeida, Beatriz Vacas, Tânia Valente, Pedro Geraldes Barba, Simão Coimbra, António Ramalho, Filipe Soares Franco, Filipe Figueira, João Chaveiro, António Abreu da Silva, assim como a todos os elementos da equipa AEISA rugby universitário, de Agronomia e Crias de lobo abandonadas.

Resumo

A presente dissertação teve como principal objetivo estimar o potencial teórico de produção de bioetanol 2G a partir dos subprodutos lenhocelulósicos da fileira oleícola da Zona de Intervenção de Alqueva (ZIA). Esta estimativa foi efetuada com base na informação da quantidade de subprodutos recolhida através de inquéritos aplicados aos produtores agrícolas e agroindustriais.

O quantitativo de subprodutos gerados pelos inquiridos, representando 20% da área explorada de olival e 30% dos lagares da ZIA, inclui 130 248 t de lenha de poda, 3 597 t de folhas, 152 882 t de bagaço e 7 446 t de caroço. Ficou evidenciado que Serpa, Moura e Ferreira do Alentejo são os municípios que geram mais subprodutos.

A estimativa de produção de bioetanol, utilizando valores de rendimento disponíveis em bibliografia, considerou dois cenários: um que não inclui etapa de pré-tratamento dos subprodutos (cenário I); e outro otimizado por aplicação de pré-tratamento (cenário II).

No cenário I seria possível produzir 3 171 m³ de bioetanol a partir de lenha de poda, 236 m³ das folhas, 2 691 m³ do bagaço e 291 m³ do caroço. O efeito da aplicação do pré-tratamento seria mais acentuado para a lenha de poda e para o caroço, respetivamente com um aumento de produção de quatro (11 063 m³) e três vezes (868 m³). A produção a partir do bagaço poderia duplicar (6 378 m³) e para as folhas não se verificaria uma variação relevante.

Concluiu-se que potencial teórico de produção de bioetanol, para 20% da superfície de olival e 30% dos lagares da ZIA, poderá ser de 6 390 m³ (cenário I) e 18 540 m³ (cenário II). Outro aspeto relevante, evidenciado pelas respostas aos inquéritos, é que os produtores da região têm interesse na entrega dos seus subprodutos para produção de bioetanol 2G, em troca de adubos orgânicos.

Palavras-chave: Agroindústria; Alentejo; Bioetanol; Economia Circular; Subprodutos;

Abstract

The main objective of this dissertation was to evaluate the potential of 2G bioethanol production from lignocellulosic by-products from the olive oil sector in the Alqueva's Intervention Zone (ZIA). This estimate was based on data quantities of by-products, collected through inquiry of agricultural producers and agribusinesses.

The amount of by-products generated by respondents, representing 20% of the exploited area of olive groves and 30% of the mills in the ZIA, includes 130 248 t of olive tree pruning, 3 597 t of leaves, 152 882 t of bagasse and 7 446 t of stones. It was evident that Serpa, Moura and Ferreira do Alentejo are the municipalities that generate more by-products.

The bioethanol production estimate, using yield values available in the literature, considered two scenarios: one that does not include the pre-treatment stage of the by-products (scenario I); and another optimized by pre-treatment application (scenario II).

In scenario I, it would be possible to produce 3 171 m³ of bioethanol from olive tree pruning, 236 m³ from leaves, 2 691 m³ from bagasse and 291 m³ from stones. The effect of applying pre-treatment would be more pronounced for olive tree pruning and stone, with a production increase of four (11 063 m³) and three times (868 m³) respectively. Production from bagasse could double (6 378 m³) and there would be no significant variation for leaves.

It was concluded that the theoretical potential for bioethanol production, for 20% of the olive grove surface and 30% of the mills in the ZIA, could be 6 390 m³ (scenario I) and 18 540 m³ (scenario II). Another relevant aspect, evidenced by the responses to the surveys, is that producers in the region are interested in delivering their by-products for the production of 2G bioethanol, in exchange for organic fertilizers.

Keywords: Agroindustry; Alentejo; Bioethanol; By-products; Circular Economy;

Índice

AGRADECIMENTOS	II
RESUMO	III
ABSTRACT	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE QUADROS	IX
1. ENQUADRAMENTO E OBJETIVOS	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Transição energética, Economia circular e Bioeconomia	3
2.2. Biocombustíveis	10
2.2.1 Processo de produção de bioetanol celulósico	12
2.2.2. Biorrefinarias	23
2.3. Setor oleícola.....	25
2.3.1 Olivicultura - origens e sistemas de produção	25
2.3.2 Extração de azeite	31
2.3.3 Resíduos/subprodutos da fileira oleícola	36
2.3.4 Valorização dos subprodutos da fileira oleícola	41
3. MATERIAIS E MÉTODOS	45
3.1 Caso de Estudo - Zona de Intervenção de Alqueva (ZIA)	45
3.2 Elaboração e aplicação de Inquéritos	48
3.3 Estimativa do potencial de produção de bioetanol.....	50
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
4.1. Inquérito I.....	51
4.2. Inquérito II.....	68
4.3. Estimativa do potencial de produção de bioetanol.....	73
5. CONCLUSÕES	77
6. PERSPETIVAS FUTURAS	79
7. BIBLIOGRAFIA	81
8. ANEXOS	86

Índice de Figuras

Figura 1 - Representação do RNC2050/ Narrativa Global da Neutralidade Carbónica até 2050. Fonte: (Governo Português, 2019).	4
Figura 2 - Representação do PNEC dentro do RNC2050 (Fonte: (Governo Português, 2019)).	6
Figura 3 - Ciclo biogénico do Carbono. Adaptado de (Mitloehner, 2020).	9
Figura 4 - Representação da composição da biomassa lenhocelulósica (FONTE: (Kumar, Bhardwaj, Agrawal, Chaturvedi, & Verma, 2020)).....	12
Figura 5 - Esquema da ação do complexo enzimático (celulase) sobre a celulose.FONTE: (Ogeda & Petri, 2010).....	17
Figura 6 - Esquema de processos de fermentação com vista à produção de bioetanol. Adaptado de:(Patel & Shah, 2021)	19
Figura 7 - Mapa da região Mediterrânica (Incomme, 2011).	26
Figura 8 - Olival tradicional, Sociedade Agrícola Monte da Mó e Preguiça, concelho de Moura (foto do autor, 01/06/2021).	27
Figura 9- Oliveiras em olival tradicional, Sociedade Agrícola Monte da Mó e Preguiça, concelho de Moura (foto do autor, 01/06/2021).	28
Figura 10 - Olival em Vaso, Torre das Figueiras, concelho de Monforte (foto do próprio, 03/09/2021).	28
Figura 11 - Olival em vaso, Torre das Figueiras, concelho de Monforte (foto do próprio, 03/09/2021).	29
Figura 12 - Oliveira em vaso, Torre das figueiras, concelho de Monforte (foto do próprio, 03/09/2021).	29
Figura 13 - Olival em sebe, Olivais do Sul - Herdade da Azambuja, concelho de Portel (foto do próprio, 31/08/2021).	30
Figura 14 - Oliveiras em olival em sebe, Herdade da Azambuja - Olivais do Sul, concelho de Portel (foto do próprio, 31/08/2021).	30
Figura 15- Diagrama da atividade oleícola, respetivos subprodutos. Adaptado de (Contreras et al., 2020; Negro et al., 2017; Romero-García et al., 2014).....	32
Figura 16 – Batedeira de lagar tradicional, Custódio Alves Fábrica de Azeites, Montemor-o-Novo (foto próprio 03/10/2021).	33
Figura 17 -Modelo de sistema vertical de centrifugação (Adaptado de (Flottweg, 2021b)). ..	33
Figura 18 - Centrifuga vertical, lagar de Olivais do Sul, Concelho de Portel (foto do próprio, 31/08/2021).	33
Figura 19 - Moinho de pedra de lagar tradicional, Custódio Alves Fábrica de Azeites, Montemor-o-Novo (foto próprio 03/10/2021).	34

Figura 20 - Moinho de pedra de lagar tradicional, Custódio Alves Fábrica de Azeites, Montemor-o-Novo (foto próprio 03/10/2021).....	34
Figura 21 - "Capacho", diafragmas de fibra para extração de azeite em lagar tradicional, Custódio Alves Fábrica de Azeites, Montemor-o-Novo, (foto próprio 03/10/2021).....	34
Figura 22 – Prensas hidráulicas para extração de azeite em lagar tradicional, Custódio Alves Fábrica de Azeites, Montemor-o-Novo, (foto próprio 03/10/2021).	35
Figura 23 - Decantador centrífugo de 3 fases. Adaptado de (Flottweg, 2021c).	35
Figura 24 – Decantador centrífugo de 2 fases. Adaptado de (Flottweg, 2021a).	36
Figura 25 - Lenha de poda na entrelinha, poda de Verão, Herdade da Azambuja - Olivais do Sul, concelho de Portel (foto do próprio,31/08/2021).....	37
Figura 26 - Pirâmide do acréscimo de valor na valorização de biomassa. Adaptado de Berbel & Posadillo, 2018.	42
Figura 27 - Zona de Intervenção de Alqueva. Adaptado de:«Atlas Rural da Zona de Intervenção de Alqueva».....	47
Figura 28 - Dados relativos número de explorações dedicadas a olivicultura na ZIA, segundo INE (2021a).....	52
Figura 29 - Dados relativos à superfície agrícola dedicada a olivicultura na ZIA, segundo INE (2021c).....	52
Figura 30 - Sistemas de produção do sector agrícola, inquérito I.	53
Figura 31 – Exclusividade da exploração na produção de azeitona, no inquérito I.	53
Figura 32 - Objetivo de produção do sector agrícola no inquérito I.....	53
Figura 33 - Município de proveniência dos produtores inquiridos no inquérito I.....	54
Figura 34 - Área total (ha) do setor agrícola de cada concelho que respondeu ao Inquérito I.	54
Figura 35 - Frequência da operação de poda, inquérito I.	54
Figura 36 - Sazonalidade da poda, inquérito I.	55
Figura 37 - Tipo de poda, inquérito I.....	56
Figura 38 - Método de poda, inquérito I.....	56
Figura 39 - Discriminação da poda manual, inquérito I.....	57
Figura 40 - Discriminação da poda manual assistida, inquérito I.	57
Figura 41 - Recolha da lenha de poda.....	58
Figura 42 – Tipo de operação de recolha da lenha de poda, inquérito I.	59
Figura 43 - Somatório da quantidade de lenha de poda por município, inquérito I.....	60
Figura 44 - Destinos da lenha de poda, inquérito I.	60
Figura 45 - Variedades presentes nas explorações inquiridas, inquérito I.	61
Figura 46 - Influencia da variedade na produção de Lenha de Poda, inquérito I.....	61
Figura 47 – Variedades com influência na Lenha de Poda, inquérito I.	61

Figura 48 - Destino das folhas da colheita da azeitona, inquérito I.	62
Figura 49 - Dados relativos aos lagares na ZIA, segundo INE (2021b).	62
Figura 50 - Método de extração dos inquiridos do sector agroindustrial no inquérito I.	63
Figura 51 - Representatividade municipal das respostas do sector agroindustrial no inquérito I.	63
Figura 52 - Método de extração dos inquiridos por município no inquérito I.	64
Figura 53 - Folhas de oliveira contabilizadas em lagar na campanha 2020, inquérito I.	64
Figura 54 - Destino dado às folhas de oliveira do lagar separadas na limpeza da azeitona, inquérito I.	65
Figura 55 – Destino da venda das folhas de oliveira rececionadas no lagar, inquérito I.	65
Figura 56 - Somatório da quantidade de folhas de oliveira separadas no lagar por município, inquérito I.	65
Figura 57 - Somatório do quantitativo de Bagaço por município, inquérito I.	66
Figura 58 - Destino do bagaço, inquérito I.	66
Figura 59 – Escrutínio do fornecimento para óleo de bagaço, Inquérito I.	66
Figura 60 - Momento da separação dos caroços de azeitona, inquérito I.	67
Figura 61 - Como é feita a separação dos caroços, inquérito I.	67
Figura 62 - Somatório do quantitativo de caroços de azeitona por município, inquérito I.	67
Figura 63 - Destino dos caroços separados, inquérito I.	68
Figura 64 – Discriminação da venda dos caroços, inquérito I.	68
Figura 65 - Representatividade do sistema de produção do sector agrícola no inquérito II.	69
Figura 66 - Distribuição municipal do sector agrícola no inquérito II.	69
Figura 67 - Somatório da área de olival (ha) por município do setor agrícola no inquérito II.	69
Figura 68 - Separação das folhas após a colheita do setor agrícola no inquérito II.	70
Figura 69 - Discriminação do método de separação das folhas após a colheita, do setor agrícola no inquérito II.	70
Figura 70 - Existência de variedades com maior produção de subprodutos foliares segundo a experiencia dos inquiridos no inquérito II do setor agrícola.	70
Figura 71 – Escrutínio das variedades que segundo os inquiridos geram mais subprodutos foliares na colheita, inquérito II.	70
Figura 72 - Sondagem sobre o interesse dos produtores em fornecer amostras dos subprodutos agrícolas para o estudo do potencial de conversão em biocombustível líquido, inquérito II.	71
Figura 73 - Sondagem sobre preferência de bioetanol ou adubos orgânicos na troca de lenha de poda, inquérito II.	71
Figura 74 - Sondagem sobre a preferência de descontos em gasolina ou adubos orgânicos na troca da lenha de poda, inquérito II.	72

Figura 75 - Sondagem sobre a preferência na venda ou na troca da lenha de poda, inquérito II.....	72
Figura 76 - Sondagem sobre o conhecimento do conceito de Economia Circular, no sector agrícola do inquérito II.....	73
Figura 77 - Sondagem sobre interesse, após este inquérito, em fornecer subprodutos provenientes da produção de azeitona para a produção de biocombustíveis líquidos, inquérito II.....	73
Figura 78 - Número de inquéritos preenchidos por parte do sector agroindustrial no inquérito II.....	98
Figura 79 - Proveniência das respostas ao sector agroindustrial no inquérito II.	98
Figura 80 - Método de extração das respostas ao sector agroindustrial no inquérito II.....	98
Figura 81 - Sondagem de interesse em fornecer subprodutos da produção de azeite para a produção de biocombustíveis líquidos.....	98
Figura 82 - Sondagem sobre o conhecimento do conceito de Economia Circular, no sector agroindustrial.....	99

Índice de Quadros

Quadro 1 - Resumo das linhas de atuação referentes ao PNEC com interesse para a valorização dos resíduos agrícolas para produção de biocombustíveis avançados.....	7
Quadro 2 - Comparação do teor energético de Biocombustíveis líquidos a partir de subprodutos lenhocelulósicos com combustíveis fósseis. Adaptado de (UE, 2018).	11
Quadro 3 - Composição química dos principais componentes de interesse da lenha de poda de olival. Adaptado de Negro et al., 2017.....	37
Quadro 4- Composição química dos principais componentes de interesse das folhas de oliveira. Adaptado de (Contreras et al., 2020; Negro et al., 2017; Romero-García et al., 2014).	38
Quadro 5 - Balanço de massa aproximado dos diversos sistemas de produção de Azeite (Doula et al., 2017).....	39
Quadro 6 - Composição dos diferentes tipos de bagaço de extração de azeite em função dos métodos de extração. Adaptado de Souilem et al., 2017.....	40
Quadro 7 - Composição química dos principais componentes de interesse dos caroços de azeitona. Adaptado de Negro et al., 2017.....	41
Quadro 8 - Composição em glucano de cada tipo de subproduto da fileira oleícola para os cenários I e II, adaptado de Najafi et al. (2021).	50

Quadro 9 - Resultados da conversão em bioetanol correspondentes às condições operacionais dos cenários I e II para cada tipo de subproduto, adaptado de Najafi et al. (2021).	51
Quadro 10 - Potencial de produção de bioetanol a partir de uma tonelada de cada tipo de biomassa para os cenários I e II.....	74
Quadro 11 - Quantitativos de biomassa apurados no inquérito I e respetiva conversão em matéria seca.....	74
Quadro 12 - Resultados da estimativa da produção de bioetanol para os cenários avaliados.	75

1. Enquadramento e objetivos

Como consequência da diminuição das reservas globais de petróleo e com o agravamento das alterações climáticas causadas pela emissão de Gases com Efeito de Estufa (GEE), tem havido uma maior preocupação com a temática da transição energética. Desta forma, tem-se procurado alternativas à combustão de combustíveis fósseis e fomentado a adoção de energias renováveis.

A biomassa é uma matéria-prima à base de carbono e surgiu como alternativa sustentável às fontes de energia convencionais e não renováveis. Os biocombustíveis são um tipo de combustível derivado da biomassa, sendo o biodiesel e o bioetanol os mais comuns. O bioetanol é produzido a partir da fermentação dos açúcares presentes na biomassa.

A oliveira (*Olea europaea* L.) é das principais culturas da região mediterrânica. A produção de azeitona e de azeite está fortemente enraizada nesta zona e Portugal não é exceção, destacando-se o Alentejo como maior produtor. A implementação do projeto Alqueva fez disparar a agricultura desta área e a fileira oleícola foi uma das mais desenvolvidas. Numa zona que se caracterizava por baixas produtividades, associadas a sistemas tradicionais de sequeiro, a ativação do perímetro de rega de Alqueva tornou-a uma das zonas de produção de azeitona mais tecnológicas do mundo. Esta atividade tem vindo a colocar em prática a circularidade, valorizando os subprodutos gerados na sua fileira. Apesar disso, há margem para avaliar rotas de valorização alternativas às atualmente adotadas.

Este trabalho pretende estudar os subprodutos provenientes da produção agrícola e agroindustrial da fileira oleícola, não no perímetro de rega de Alqueva, mas em toda a zona que sofre influência do empreendimento hidroagrícola, denominada por Zona de Intervenção de Alqueva (ZIA), incidindo numa avaliação do potencial dos subprodutos como matéria-prima para produção de bioetanol.

A produção deste combustível renovável contribuiria para a transição energética e o combate à emissão de GEE associados ao uso de combustíveis fósseis, reforçando a sustentabilidade ambiental da fileira oleícola.

Os objetivos específicos deste estudo são:

- Caracterizar as práticas de gestão dos subprodutos lenhocelulósicos do olival e do lagar, na ZIA;
- Quantificar os subprodutos lenhocelulósicos da produção de azeitona e de azeite produzidos na ZIA;
- Agregar dados quantitativos relativos aos subprodutos quer a nível da região em estudo, quer a nível municipal dentro da ZIA;
- Avaliar a motivação dos *players* da fileira oleícola na ZIA para a temática em análise;

- Estimar a produção teórica anual de bioetanol a partir dos subprodutos lenhocelulósicos quantificados.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Transição energética, Economia circular e Bioeconomia

A modernização e o crescimento populacional a nível global fizeram aumentar o uso de recursos naturais não renováveis que, segundo especialistas, é insustentável a este nível de utilização. A procura por energia fóssil e químicos continua a aumentar tendo sido no século XX enfatizada pelo desenvolvimento da refinaria à base de petróleo, carvão, gás natural, recursos fósseis disponíveis a baixo custo. Porém, hoje em dia, há preocupações relativamente às alterações climáticas e à sustentabilidade. Desta forma, a produção de energia e materiais provenientes de fontes renováveis tornou-se essencial, especialmente para produtos como o etanol e outros combustíveis líquidos (biocombustíveis) que podem ser produzidos a partir de matérias-primas classificadas como biomassa. Podendo definir-se biomassa como a fração biodegradável de produtos, resíduos e detritos de origem vegetal e animal, resultantes da agricultura, silvicultura e de indústrias afins, como a pesca e aquicultura, bem como a fração biodegradável de resíduos industriais e urbanos de origem biológica (UE, 2018).

O estímulo à produção de biocombustíveis permitirá a redução do consumo de combustíveis fósseis, como a gasolina, no setor dos transportes (Naik *et al.*, 2010; UE, 2018; APA, 2019; Malode *et al.*, 2021; Orejuela-Escobar, Landázuri e Goodell, 2021).

A União Europeia criou uma estratégia a longo prazo que dá especial atenção às energias renováveis e à eficiência energética, nomeadamente à mobilidade, ao papel dos edifícios, à indústria e a uma gestão agroflorestal adequada (Governo Português, 2019). Em 2016, na sequência do Acordo de Paris, a Comissão Europeia apresentou um pacote de medidas denominado “Energia limpa para todos os Europeus”. Este pacote foi mais tarde atualizado pela “Diretiva das Energias Renováveis” e ainda novamente atualizado pela “Nova Diretiva das Energias Renováveis”, também conhecida por *RED II* que entrou em vigor em Julho de 2021. Esta determina que até 2030 deve haver um consumo de energias renováveis da ordem dos 32%, exigindo aos Estados Membros que imponham aos seus fornecedores uma quota de energia renovável no consumo final de energia do setor dos transportes de, pelo menos, 14% até 2030. Dentro deste objetivo, existe uma meta específica para os biocombustíveis avançados, definidos como biocombustíveis produzidos a partir de matérias-primas listadas na parte A do Anexo IV da referida Diretiva, incluindo frações de biomassa de resíduos tais como bagaços, ramos, folhas, entre outros materiais celulósicos não-alimentares (UE, 2018). A RED II estabelece como meta o uso de biocombustíveis avançados (Parte A) para 3,5% até

2030, o que significa uma produção anual de 20 000 000 m³ de biocombustível avançado (Flach, Lieberz, & Bolla, 2019).

A 12 de Dezembro de 2015, Portugal assinou o Acordo de Paris e, dessa forma, anunciou o seu compromisso com a Neutralidade Carbónica até 2050. De notar que foi a primeira nação do mundo a assumir este compromisso, que assenta em três objetivos principais:

- “Limitar o aumento médio da Temperatura Global a 2°C e reforçar esforços para limitar o aumento médio da Temperatura Global a 1,5°C de modo a assumir a redução dos riscos e impasses das alterações climáticas”;
- “Aumentar a capacidade de adaptação aos impactos adversos das alterações climáticas e estimular a resiliência climática e o desenvolvimento mínimo de carbono”;
- “Tornar os fluxos financeiros consistentes com trajetórias de desenvolvimento resilientes e de baixo carbono”.

Por conseguinte, Portugal desenvolveu o “Roteiro para a Neutralidade Carbónica em 2050” (RNC2050), onde se define a visão, a trajetória e linhas de orientação para as políticas e medidas a concretizar nesse horizonte temporal (Figura 1).

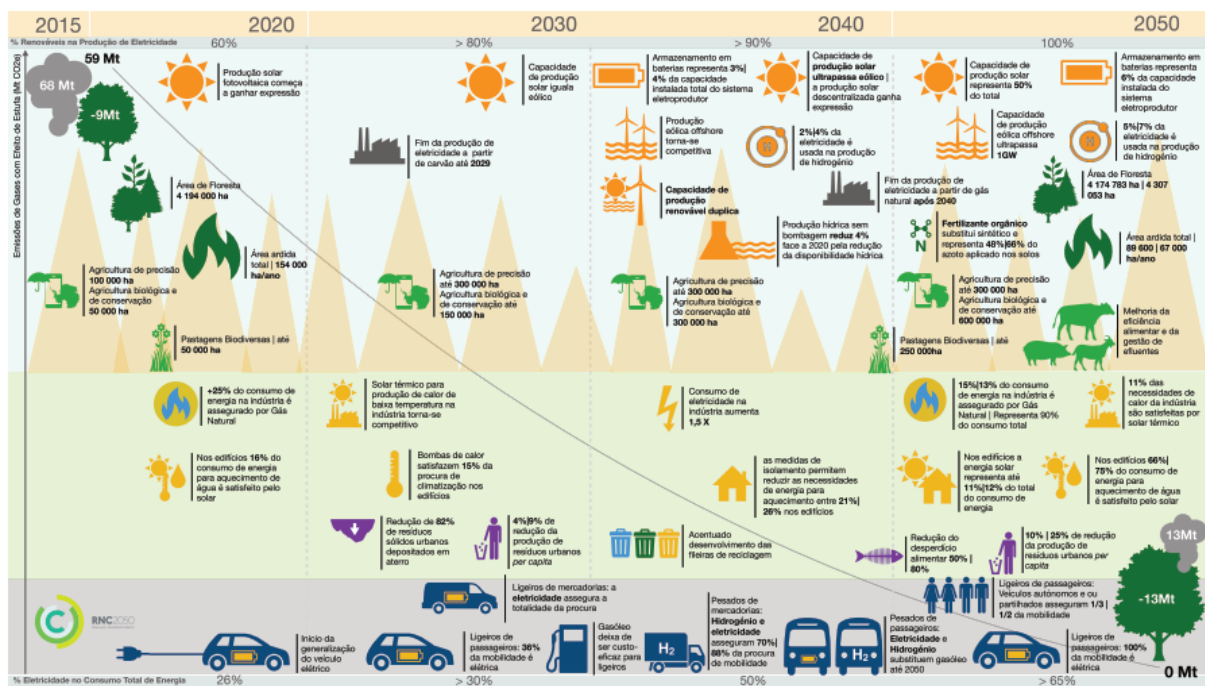


Figura 1 - Representação do RNC2050/ Narrativa Global da Neutralidade Carbónica até 2050. Fonte: (Governo Português, 2019).

Atingir a neutralidade carbónica em 2050 significa o abandono progressivo de um modelo económico linear, sustentado nos combustíveis fósseis, apostando numa economia baseada em recursos renováveis cuja utilização é eficiente, que corresponde a um modelo de **economia circular**, que valoriza o território e promove a coesão territorial (APA, 2019; Orejuela-Escobar *et al.*, 2021).

O papel da economia circular foi objeto de maior escrutínio no âmbito da cadeia de valor de um conjunto de setores considerados como importantes para o sucesso da neutralidade carbónica – mobilidade, agroalimentar, fileira florestal, construção e resíduos.

No setor agroalimentar, o foco será a adoção de práticas agrícolas regenerativas e mais eficientes no uso de recursos (água e energia). A expansão da agricultura biológica, de conservação e da agricultura de precisão, bem como pastagens permanentes, permitirá reduzir emissões associadas ao uso de fertilizantes e aos efluentes pecuários, assim como aumentar o sequestro de carbono resultante do aumento do teor de matéria orgânica nos solos. Adicionalmente, aposta-se na preservação dos recursos naturais e ecológicos, promoção da biodiversidade e melhoria do bem-estar animal. A utilização de composto para substituição do uso de fertilizantes sintéticos azotados é também uma medida de circularidade a ter em conta neste setor (Governo Português, 2019).

No setor dos resíduos, perspectiva-se o aumento da recolha seletiva de bioresíduos. Verifica-se que a economia circular pode induzir uma redução de emissões de GEE associadas à gestão de resíduos (incluindo a valorização energética de resíduos urbanos) entre 69% e 72%, em 2050 (Governo Português, 2019). A economia circular baseada no conceito de “zero desperdício” promove tecnologias com impacto positivo para o ambiente pela reutilização, reciclagem e recuperação de resíduos (Orejuela-Escobar *et al.*, 2021).

Os sectores florestal, agrícola e agroindustrial geram grandes volumes de biomassa residual, que por vezes é abandonada como resíduo no campo ou queimada podendo, em certos casos, causar poluição e degradação ambiental (Orejuela-Escobar *et al.*, 2021).

No entanto, têm-se vindo a procurar vias de valorização que permitem a produção de produtos de valor acrescentado (Orejuela-Escobar *et al.*, 2021; J. K. Saini, Saini, & Tewari, 2015). De facto, a biomassa residual de origem vegetal é rica em compostos químicos (aminoácidos, polifenóis, enzimas, açúcares, minerais, etc.), alguns dos quais bioativos, que podem ser incluídos em medicamentos, perfumes, cosméticos e condimentos, valorizados na forma de alimentos funcionais e rações para animais com propriedades antioxidantes, anticoagulantes e antimicrobianas (Orejuela-Escobar *et al.*, 2021).

Neste sentido, promove-se a criação de **biorrefinarias**, que recorrem à química verde e tecnologias limpas para produzir biocombustíveis e produtos de base biológica (bioprodutos), que não compitam diretamente com a produção alimentar, com alto valor acrescentado e com impacte ambiental minimizado. Esta será uma oportunidade de gerar cadeias de valor com interligação entre regiões geradoras de biomassa e centros industriais de processamento. Assim, contribui-se para a inovação e expansão de mercado promovendo a bioeconomia (Orejuela-Escobar *et al.*, 2021). **Bioeconomia** pode definir-se como a produção, utilização, conservação e regeneração de recursos biológicos aplicando conhecimentos de ciência, tecnologia e inovação de modo a fornecer soluções sustentáveis (informações, produtos,

processos e serviços) a todos os setores económicos, permitindo uma transformação para uma economia sustentável (IACGB, 2020).

Os principais *drivers* da descarbonização da indústria no RNC2050 são a eficiência energética e de recursos; a adoção de solar térmico e biomassa; inovação e novos modelos de negócio como as biorrefinarias; simbiose industrial e reaproveitamento de recursos (Governo Português, 2019).

O Plano Nacional de Energia e Clima (PNEC), representado na Figura 2, constitui o principal instrumento de política energética e climática nacional para 2021-2030. O PNEC define que as reduções de emissões seriam de 18% a 23% em 2020 e de 30% a 40% em 2030 face aos valores do ano de referência (2015) (Governo Português, 2019).

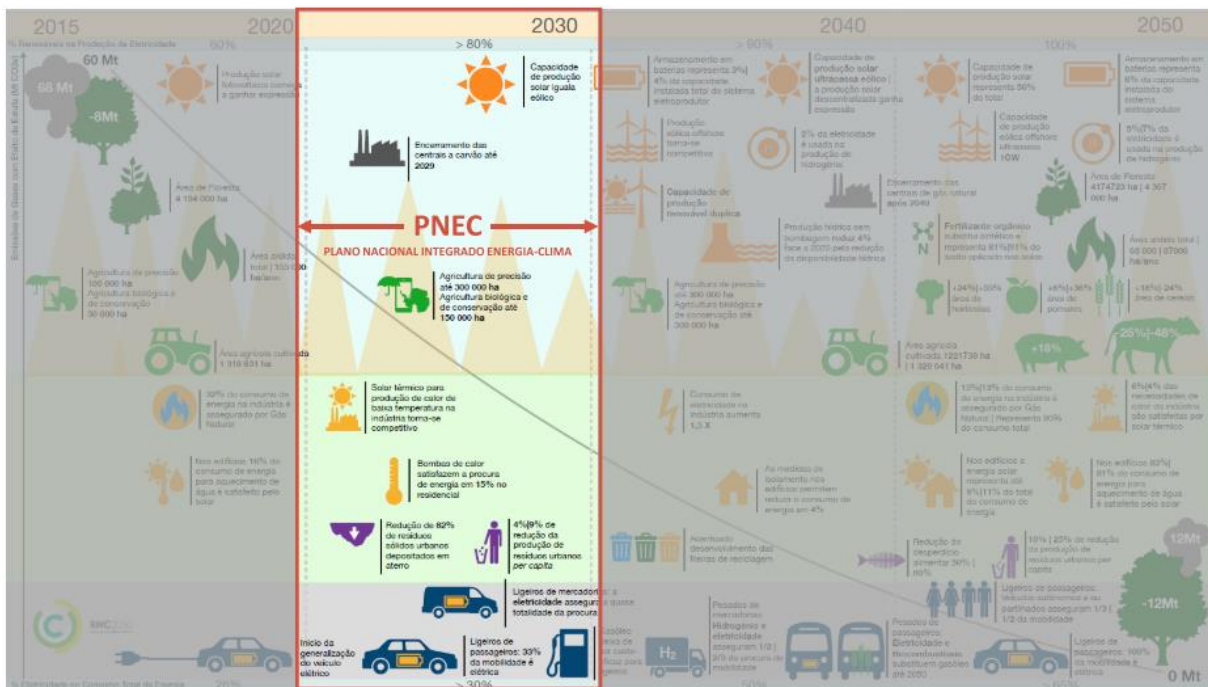


Figura 2 - Representação do PNEC dentro do RNC2050 (Fonte: (Governo Português, 2019)).

De forma a alcançar as metas estabelecidas no PNEC, definiram-se um conjunto de linhas de atuação, apresentando-se na Quadro 1 as que se referem à valorização dos resíduos agrícolas para produção de biocombustíveis avançados (APA, 2019).

Quadro 1 - Resumo das linhas de atuação referentes ao PNEC com interesse para a valorização dos resíduos agrícolas para produção de biocombustíveis avançados.

Sector	Linhas de Atuação	Descrição	Medidas de Atuação
Agricultura, florestas e indústria	Incentivar o papel da bioeconomia para a descarbonização.	Promover a descarbonização de cadeias de valor de base biológica através do aumento da utilização de subprodutos/resíduos de origem agrícola e florestal, com novas áreas de negócio circulares que contribuam para a redução de emissões de GEE.	Promover o uso de biomassa residual de origem florestal e agrícola.
			Promover o uso de produtos agrícolas e florestais como substitutos de matérias-primas de origem fóssil.
Energias Renováveis	Fomentar um melhor aproveitamento da biomassa para usos energéticos.	Promover soluções de aproveitamento energético que ajudem a gestão dos espaços rurais, retirando carga combustível; criação de um mercado nacional para a biomassa.	Promover a geração de energia local com base em biomassa.
	Promover a produção e utilização de fontes de energia renovável nos setores agrícola e florestal.	Aumentar a produção e utilização de fontes de energia renovável nos setores da agricultura e da floresta, em articulação com a descarbonização da agroindústria e promovendo a bioeconomia.	Aumentar a utilização de combustíveis alternativos e outros recursos nacionais com potencial para utilização como fonte energética.
	Promover a produção e o consumo de combustíveis renováveis alternativos.	Os biocombustíveis avançados e o hidrogénio assumem-se como solução alternativa e complementar à mobilidade elétrica no horizonte 2030-2040. No caso dos biocombustíveis avançados, acresce que Portugal já dispõe de uma indústria de biocombustíveis significativa e das infraestruturas para o efeito.	Promover a produção de biocombustíveis avançados valorizando os recursos endógenos nacionais. Avançar com o <i>phase-out</i> dos biocombustíveis a partir de culturas alimentares.
Eficiência Energética	Promover o transporte de mercadorias por via ferroviária e marítima.	Aumento significativo da eficiência energética e ambiental do transporte de mercadorias.	

Segundo o Ministério do Planeamento (2021), o plano de recuperação e resiliência será o maior pacote de medidas estímulo alguma vez financiado pelo orçamento da União Europeia, num total de 1,8 biliões de euros, para ajudar a reconstruir a Europa no pós *Covid-19*. A dimensão Transição Climática do plano de recuperação e resiliência pretende promover o melhor aproveitamento dos recursos de que o país dispõe e potenciar o desenvolvimento de setores económicos em torno da produção de energias renováveis. A componente da

transição para a bioeconomia sustentável, através da transição ecológica visa promover a diversificação da indústria já existente e reconhecida internacionalmente, através do apoio à inovação empresarial para a produção de produtos de base biológica e de alto valor acrescentado. Estes projetos terão a sua importância através da aposta na redução do uso de matérias de base fóssil, pela valorização da biomassa florestal e da valorização de subprodutos e resíduos agroindustriais. No plano para a bioeconomia sustentável dois dos eixos de atuação serão incentivar a produção sustentável e a utilização de recursos biológicos de base regional; desenvolver a bioindústria circular e sustentável através da inovação na cadeia de valor e nos processos.

A transição para uma bioeconomia sustentável também irá passar pelos sequestros de carbono. Uma boa fatia dos sequestros de carbono passarão por alguns usos do solo, nomeadamente: agricultura, pastagens, florestas, e matos. É de salientar que as grandes emissões relacionadas com o setor agrícola, florestas e outros usos do solo concentram-se nos Incêndios Rurais. A componente florestal está geralmente associada a sumidouros de grande dimensão, porém em Portugal, este potencial é altamente afetado pelo impacto dos incêndios rurais, manifestando-se diretamente através de emissões de GEE e indiretamente pelas decisões *A posteriori* referentes à manutenção ou alteração do uso do solo, por parte dos Agricultores. O papel da Floresta será de extrema importância, através de ações relacionadas com a forte redução das áreas ardidas, o destino dado às áreas associadas pós-incêndio, melhorias na gestão florestal e consequentes aumentos na produtividade média, à taxa de novas florestas e à taxa de expansão de outros usos do solo (Governo Português, 2019).

As emissões de GEE da agricultura são, sobretudo, metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O). Sendo o maior contributo resultante da produção pecuária, através das fermentações entéricas, gestão de efluentes pecuários, deposição de excreta em pastagens e aplicação de efluentes pecuários aos solos agrícolas. A outra fonte de emissão de GEE da agricultura está associada à utilização de fertilizantes minerais, corretivos calcários e resíduos de culturas não removidas dos solos agrícolas (Governo Português, 2019).

Estudos recentes (Frame, Henry, & Allen, 2018; Mitloehner, 2020) mostraram que o CH_4 , comparativamente com o CO_2 , é um GEE de curta duração na atmosfera. O CO_2 permanece na atmosfera durante séculos, por essa razão os fluxos deste gás induzem o aumento da sua concentração causando cada vez mais aquecimento global. Em relação ao metano, o seu tempo de vida é reduzido, logo a sua concentração será aproximadamente constante. O metano está integrado no ciclo biogénico do carbono, representado na Figura 3, onde depois de emitido para a atmosfera é convertido em CO_2 , num período de aproximadamente 10 anos, e aproveitado pela plantas através da fotossíntese na síntese de biomassa (Frame *et al.*, 2018; Mitloehner, 2020).

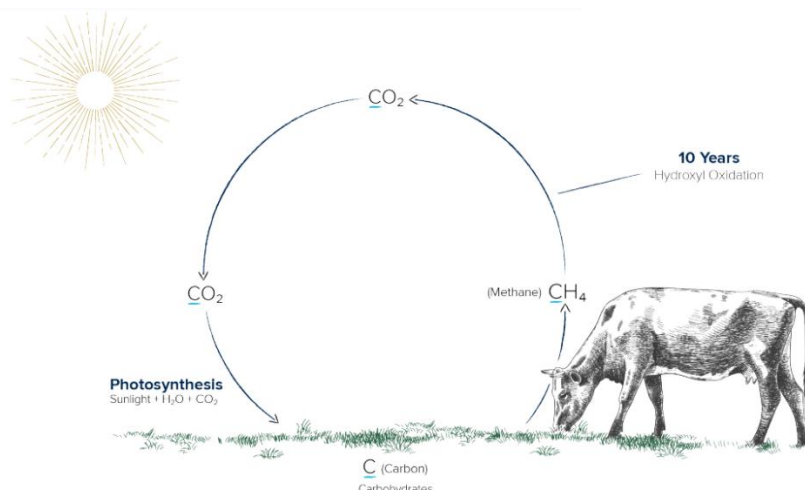


Figura 3 - Ciclo biogénico do Carbono. Adaptado de (Mitloehner, 2020).

Segundo Governo Português (2019) os principais *drivers* da descarbonização do sector agrícola serão:

- A Agricultura biológica, de conservação e de precisão;
- Pastagens biodiversas;
- Melhoria da digestibilidade da alimentação animal;
- Melhoria da gestão de efluentes pecuários;
- Redução do uso de fertilizantes sintéticos e a sua substituição por composto orgânico;
- Diminuição da área ardida e melhoria da produtividade florestal.

O contributo das pastagens biodiversas é muito importante para o sequestro líquido associado aos usos do solo agrícola no horizonte 2050, assim como a expansão da agricultura biológica, de conservação e de precisão que permitirá reduzir emissões associadas aos efluentes animais e uso de fertilizantes. A redução de emissões na produção vegetal e no uso dos solos para agricultura também passará pelo aumento do teor de matéria orgânica dos solos agrícolas. A alteração na área agrícola e na área das diferentes culturas serão resultantes da abertura de mercados fora da UE, com consequências na produção de culturas onde o país tem mais vantagens competitivas, como culturas hortícolas, frutos secos e frescos e Olival (Governo Português, 2019). É de frisar que a cultura de olival efetua sequestro de carbono, tendo um maior potencial de retenção de carbono que culturas anuais, o que reforça o cumprimento dos ambiciosos objetivos da política nacional ao nível da emissão/fixação de carbono, que é ainda mais fortalecida pela tendência crescente do teor de matéria orgânica do solo. A capacidade de sequestro do olival depende da densidade de plantação, sendo 1,7, 7,8 e 15,6 t CO_2 /ha-ano respetivamente em sistema tradicional, em vaso e em sebe. Os olivais em sebe, por apresentarem elevadas áreas foliares, têm uma grande capacidade fotossintética e, conseqüentemente, uma elevada absorção de CO_2 . A fixação de carbono é

um dos impactes positivos desta cultura, que deve ser maximizado pelo estímulo a práticas de economia circular, nomeadamente a nível da valorização dos resíduos/subprodutos do olival, em particular restos das lenhas de poda e folhas, bem como dos bagaços gerados nos lagares. Espera-se com estas práticas atenuar a carência crónica em matéria orgânica existente no solo do Sul do país, de forma a aumentar não só a sua fertilidade como a sua capacidade de retenção de água, melhorar a sua estrutura, bioatividade, aumentar a resistência à erosão e permitir uma melhor adaptação às alterações climáticas (EDIA, DGADR, DGAV, DRAP Alentejo, & INIAV, 2020).

2.2. Biocombustíveis

Segundo o IEA (2020), o interesse na produção de biocombustível é crescente a nível global e prova disso foi a produção de 162,8 mil milhões de litros em 2019, atingindo a marca dos 144 mil milhões de litros em 2020. Pela primeira vez em duas décadas de registos de produção de biocombustíveis ocorreu um decréscimo de 11,6%, associado à situação pandémica de *Covid-19*. Os grandes produtores de biocombustíveis a nível global são os Estados Unidos da América e Brasil, de bioetanol, e a União Europeia, de Biodiesel.

Uma previsão conservadora feita pelo Fórum Europeu SGAB (*Subgroup on Advanced Biofuels*) estima que, em 2030, cerca de 12-15% de todos os combustíveis fósseis utilizados no setor transportador europeu possam ser substituídos por uma combinação de biocombustíveis e combustíveis de origem fóssil (LNEG, sem data a). Também a Agência Internacional de Energia prevê que em 2050, 27% dos combustíveis usados em veículos será de biocombustíveis, o que corresponde a quase 2 G toneladas de CO_2 fixado (Malode *et al.*, 2021).

Até à data, a maior parte dos biocombustíveis são produzidos a partir de culturas agrícolas, como cana-de-açúcar, milho e cereais amiláceos (**biocombustíveis de primeira geração, 1G**). Nos anos 70, foi desenvolvida a primeira biorrefinaria 1G, baseada na produção de etanol através da conversão de açúcares extraídos de cana-de-açúcar e de amido a partir de milho (Orejuela-Escobar *et al.*, 2021). Segundo Malode *et al.* (2021), apesar dos benefícios dos biocombustíveis, estes estão associados a elevados custos operacionais, ao risco do aumento da procura por biomassa levar ao aumento da procura de terras agrícolas e com isso ao aumento da desflorestação e aumento das necessidades de água.

Por essa razão, as culturas que possam ser utilizadas para a produção de biocombustíveis estão a ser valorizadas e, por vezes, até se torna mais interessante para os agricultores abastecer organizações de biocombustíveis do que o mercado de retalho alimentar, o que faz com que este “combustível verde” aumente os preços das culturas “energéticas” (Malode *et al.*, 2021).

Na sequência dos obstáculos impostos aos biocombustíveis 1G surgem os **biocombustíveis de segunda geração (2G)** que se inserem no grupo dos biocombustíveis avançados (Beltrán-Ramírez *et al.*, 2019). Os biocombustíveis (2G) destacam-se por serem produzidos a partir de resíduos orgânicos (de origem não-alimentar, geralmente resíduos agrícolas e florestais), serem pouco poluentes, embora a maioria das tecnologias de produção destes biocombustíveis ainda estejam em fase de demonstração.

A utilização de biomassa e resíduos terá presença acentuada na substituição da utilização de produtos petrolíferos a partir de 2030. Espera-se que nesta década exista cinco vezes mais biomassa do que existe hoje (Governo Português, 2019).

O bioetanol é um dos biocombustíveis líquidos mais importantes, sendo o único biocombustível compatível com motores a gasolina. Pode incorporar-se entre 10-25% (E10-E25) de bioetanol 2G na gasolina, sem quaisquer alterações no motor, ou 100% para veículos adaptados denominados *flexi-fuel* (Malode *et al.*, 2021; Naik *et al.*, 2010; J. K. Saini *et al.*, 2015). Sabe-se que a mistura E10 permite uma redução de 2% nas emissões de GEE (Patel & Shah, 2021). O bioetanol 2G, apesar de ter menos densidade energética (aproximadamente 65% da energia que a gasolina, Quadro 2), consegue uma eficiência de combustão 15% superior devido à sua proporção de oxigénio. O bioetanol é usado como substituto do Éter Metil Terbutílico (MTBE), adicionado à gasolina com o objetivo de reduzir as emissões (Patel & Shah, 2021). O bioetanol também pode ser misturado no *diesel* quando feitas alterações ao motor, bem como ser usado no transporte rodoviário pesado (Gírio, 2021).

Quadro 2 - Comparação do teor energético de Biocombustíveis Líquidos a partir de subprodutos lenhocelulósicos com combustíveis fósseis. Adaptado de (UE, 2018).

Combustíveis		MJ/kg	MJ/L
Biocombustíveis	Metanol	20	16
	Etanol	27	21
	Propanol	31	25
	Butanol	33	27
Fósseis	Gasolina	43	32
	Gasóleo	43	36

O processo de produção de bioetanol apenas usa energia derivada de fontes renováveis e tem um balanço de dióxido de carbono neutro, ou seja, todo o CO_2 emitido na atmosfera é num momento mais tarde sequestrado, isto faz com que o etanol seja uma fonte energética benéfica para o ambiente (J. K. Saini *et al.*, 2015).

Outra das vantagens do bioetanol está associada à facilidade da sua distribuição, pois este combustível adapta-se perfeitamente aos postos de abastecimento de combustíveis fósseis já existentes e espalhados a nível global (Gírio, 2021).

2.2.1 Processo de produção de bioetanol celulósico

O bioetanol 2G, por definição, provém de biomassa lenhocelulósica não-alimentar tais como: resíduos agrícolas, madeira, papel e resíduos sólidos urbanos/municipais, e culturas energéticas; que constituem a componente orgânica renovável mais abundante da biosfera (J. K. Saini *et al.*, 2015).

Através do processo de fotossíntese, as plantas convertem dióxido de carbono e água em metabolitos bioquímicos primários e secundários. Os metabolitos primários são hidratos de carbono e os secundários são compostos bioquímicos de alto valor acrescentado, nomeadamente associados à defesa da planta e à produção de compostos para atrair polinizadores (Naik *et al.*, 2010; Orejuela-Escobar *et al.*, 2021).

Em termos estruturais, é de reforçar o papel da parede celular das células que fornece resistência mecânica e proteção à biomassa. Os principais componentes estruturais da parede celular da biomassa são a celulose, hemicelulose e lenhina (Figura 4). A celulose forma um esqueleto que é envolvido pela lenhina e hemicelulose. Estes polímeros estruturais podem ser isolados da parede celular, através de pré-tratamentos físico-químicos, termoquímicos e biológicos, podendo depois ser transformados em biomateriais com aplicações biomédicas, bioplásticas e bio compósitos biodegradáveis (Orejuela-Escobar *et al.*, 2021; J. K. Saini *et al.*, 2015).

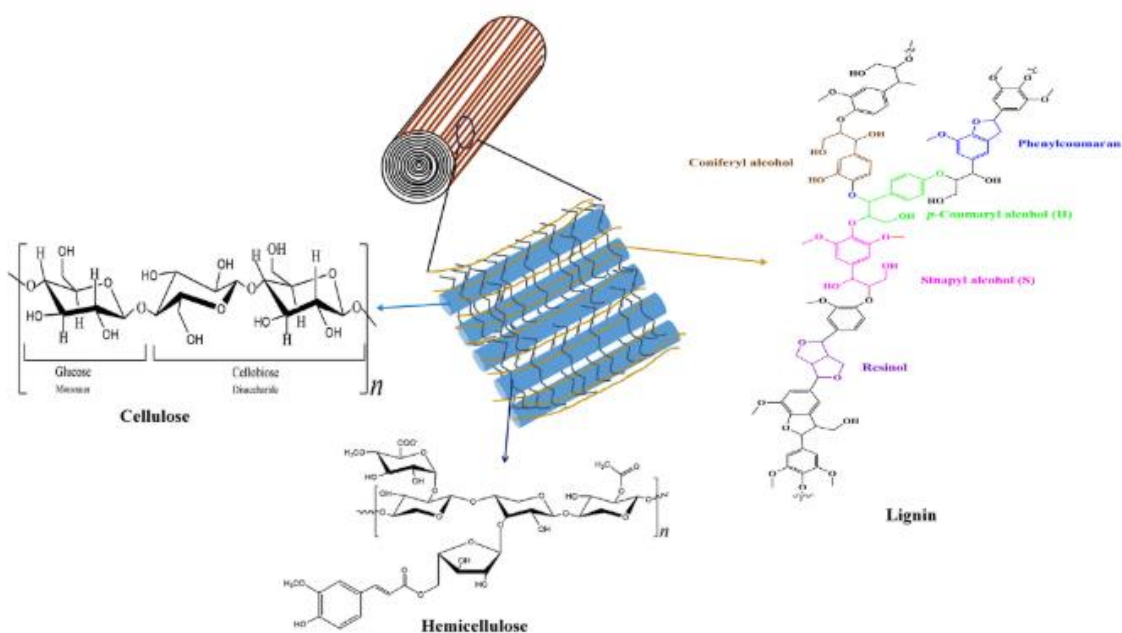


Figura 4 - Representação da composição da biomassa lenhocelulósica (FONTE: (Kumar, Bhardwaj, Agrawal, Chaturvedi, & Verma, 2020)).

A **celulose** é o maior componente estrutural da parede celular da biomassa lenhocelulósica, cuja estrutura cristalina permite proteção contra ataques enzimáticos e a solubilização em água afetando diretamente a digestibilidade e obrigando à sua fragmentação (Gupta e Demirbas, 2010). O polímero de celulose é composto por unidades de celobiose (dímeros de glucose, composto por uma cadeia linear de unidade de glucose), ligadas por pontes 1,4 – β glicosídicas (Patel & Shah, 2021; Siqueira, Rodrigues, Vandenberghe, Woiciechowski, & Soccol, 2020). A celulose pode ser fragmentada em glucose, que depois é fermentada para produzir biocombustíveis ou transformada em materiais avançados (Orejuela-Escobar *et al.*, 2021).

A **hemicelulose** é um heteropolímero que consiste numa cadeia ramificada de monómeros diferentes: hexoses, cadeia carbonada com seis carbonos (tais como β -D-glucose, α -D-galactose e β -D-manose); e pentoses, com cinco carbonos (como β -D-xylose e α -L-arabinose) (Orejuela-Escobar *et al.*, 2021; Patel & Shah, 2021). O papel da hemicelulose é estabelecer a ligação entre a lenhina e a celulose (J. K. Saini *et al.*, 2015).

A **lenhina** é um polímero aromático, insolúvel em água, que oferece um reforço estrutural ao tecido vegetal. É constituída por três tipos de monómeros diferentes: álcool cumarílico, álcool coniferílico e álcool sinapílico (Patel & Shah, 2021). A lenhina é o segundo polímero aromático mais abundante da terra não proveniente de recursos fósseis. As moléculas de lenhina tem diferentes graus de polimerização que podem formar estruturas complexas de alto peso molecular, agregando-se numa complexa rede à celulose e hemicelulose (Orejuela-Escobar *et al.*, 2021).

Pelo facto de serem uma fonte de açúcares fermentescíveis, os materiais lenhocelulósicos são uma opção promissora como matéria-prima para a produção de bioetanol. Os resíduos agrícolas lenhocelulósicos têm como principal componente a celulose, mas a sua composição química varia consideravelmente (Naik *et al.*, 2010; J. K. Saini *et al.*, 2015).

Existem duas vias principais de produção de biocombustíveis líquidos a partir de biomassa: processamento termoquímico e processamento bioquímico.

O **processamento termoquímico** é definido pela conversão de biomassa numa gama de produtos, através do seu aquecimento na presença de diferentes concentrações de oxigénio. As vantagens deste processamento centram-se no aproveitamento de todos os componentes orgânicos da biomassa, em comparação com o processamento bioquímico, que se foca principalmente nos polissacarídeos. O processamento termoquímico pode incluir processos de conversão por combustão direta, gasificação, liquefação e pirólise (Naik *et al.*, 2010).

As tecnologias de **processamento bioquímico** são baseadas em processos microbianos e enzimáticos para a produção de açúcares a partir de biomassa lenhocelulósica.

O processo de produção pela via bioquímica inclui as seguintes operações unitárias: pré-tratamento; sacarificação/hidrólise, fermentação e destilação/purificação (J. K. Saini *et al.*, 2015).

O principal obstáculo, durante a bioconversão da biomassa, é a complexidade das estruturas dos componentes das paredes celulares. O objetivo do **pré-tratamento** é quebrar a matriz da celulose e lenhina ligada pela hemicelulose por forma a reduzir a cristalinidade da celulose e aumentar a fração de celulose amorfa, o que a torna mais suscetível ao ataque enzimático (Naik *et al.*, 2010; Saini, Saini e Tewari, 2015; Patel e Shah, 2021).

A seleção do tipo de pré-tratamento mais adaptado à biomassa a processar deve ter em conta fatores como a sua composição físico-química, a facilidade em fermentar, o potencial de formação de compostos que causem inibição de enzimas, consumos de água, viabilidade económica, entre outros (Malode *et al.*, 2021; Patel & Shah, 2021).

Os pré-tratamentos da biomassa podem classificar-se em: físicos (explosão de vapor, termo-hidrólise), químicos (hidrólise ácida, alcalina ou com solventes orgânicos), físico-químicos e biológicos.

A **explosão de vapor** é um dos pré-tratamentos melhor adaptados a biomassas herbáceas e até lenhificadas. Caracteriza-se pelo baixo tempo de reação, flexibilidade para alta carga de sólidos e reduzido uso de produtos químicos. É um tratamento físico-químico que combina forças mecânicas com efeitos químicos dos grupos acetil libertados pela hemicelulose através de uma auto-hidrólise. Neste pré-tratamento a biomassa é sujeita a um rápido aquecimento por parte da alta pressão de vapor, durante um determinado período de tempo, sendo subitamente reduzida a pressão, sujeitando o material a uma descompressão explosiva, levando à quebra da estrutura. Foi testada em lenha de poda de oliveira sob temperaturas de 190-240°C alcançando rendimentos relativamente baixos, 60%. Porém, a adição de ácido sulfúrico durante o pré-tratamento (explosão de vapor catalisada) melhorou a taxa de solubilização da hemicelulose e o rendimento da hidrólise enzimática. Também já foi testada para caroços de azeitona (Negro, Manzanares, Ruiz, Castro, & Ballesteros, 2017).

O pré-tratamento por **termo-hidrólise** também foi aplicado a lenha de poda de olival. Neste pré-tratamento a biomassa é sujeita a água quente a elevada pressão. A temperatura e o tempo revelaram ser os fatores mais significativos na recuperação dos açúcares hemicelulósicos e no rendimento da posterior hidrólise enzimática. Este pré-tratamento conduz a uma elevada solubilização da hemicelulose, libertando oligossacáridos que permanecem solúveis na fração líquida. Porém, a carga sólida permitida é muito menor do que em qualquer outro pré-tratamento térmico. Foi testado para caroços de azeitona com bons resultados na solubilização da hemicelulose a altas temperaturas (Negro *et al.*, 2017).

A termo-hidrólise de lenha de poda de oliveira a 120°C durante 60 min melhora o rendimento de açúcares estruturais obtidos em etapas a jusante. O extrato obtido contém açúcares

solúveis, compostos fenólicos com capacidade antioxidante, cuja extração tem efeito positivo sobre a fermentação dos hidrolisados obtidos. Esta estratégia também se pode aplicar a caroços de azeitona, seguido de uma hidrólise com ácido diluído para recuperação de açúcares fermentescíveis a partir dos hidratos de carbono estruturais (Negro *et al.*, 2017).

A **extrusão** é um pré-tratamento que consiste no aquecimento, mistura e cisalhamento em simultâneo, resultando na alteração das propriedades físico-químicas do material. Este processo já foi aplicado a lenha de poda de oliveira e a outros subprodutos da fileira, onde o fracionamento da lenha de poda de oliveira com a sucessão de uma etapa de extrusão alcalina resulta num sólido pré-tratado rico em celulose e hemicelulose. É de notar o elevado teor de açúcares hemicelulósicos no material, permitindo um acréscimo dos açúcares fermentescíveis (Negro *et al.*, 2017).

Segundo Orejuela-Escobar *et al.* (2021), o uso de técnicas avançadas tais como ultrassons ou tratamentos por micro-ondas permitem uma extração muito eficiente de fitoquímicos da biomassa vegetal.

O pré-tratamento de biomassa lenhocelulósica com **aquecimento por micro-ondas** permite degradar a lenhina e a hemicelulose e aumenta a suscetibilidade enzimática, aumentando o rendimento de libertação de açúcar e da produção de etanol. Este pré-tratamento já foi aplicado a diferentes biomassas lenhocelulósicas, tais como bagaço de cana-de-açúcar, palha de arroz, palha de trigo e a biomassas forrageiras (Abu Tayeh, Azaizeh, & Gerchman, 2020). Foi considerado um processo eficiente do ponto de vista energético, sendo esta eficiência proporcional ao volume de material a tratar, permitindo aumentar a eficiência energética da produção de biocombustíveis.

Como exemplo de pré-tratamentos químicos pode referir-se a utilização de **ácidos inorgânicos**, tais como ácido fosfórico e sulfúrico. A aplicação do pré-tratamento com ácido diluído a lenha de poda resultou na recuperação de quase 84% dos açúcares hemicelulósicos e o rendimento da glucose, depois da hidrólise enzimática, foi de até 66% em condições ideais (180°C, 1% H_2SO_4) (Negro *et al.*, 2017). O mesmo pré-tratamento foi testado para caroços de azeitona, tendo-se concluído ter bons resultados na solubilização da hemicelulose a altas temperaturas (Negro *et al.*, 2017).

O pré-tratamento **organosolv** usa solventes orgânicos ou aquosos (etanol, metanol, etilenoglicol, acetona, glicerol, etc.) para extrair a lenhina. Este procedimento permite solubilizar a lenhina do material lenhocelulósico, deixando apenas a celulose e a hemicelulose, no material sólido pré-tratado. Este pré-tratamento já foi testado para caroços de azeitona e lenha de poda de oliveira, tendo sido obtido rendimentos em etanol da ordem dos 87,2% e apresentou correlação positiva com a severidade do pré-tratamento (Negro *et al.*, 2017). O pré-tratamento organosolv é o mais usado na indústria, mas tem o inconveniente

de os solventes orgânicos usados serem voláteis, tóxicos e perigosos de manusear (Orejuela-Escobar *et al.*, 2021).

Recentemente surgiram alternativas mais ecológicas para o uso de solventes, tais como o uso de líquidos iônicos, solventes eutéticos profundos (**DES** - *Deep Eutectic Solvents*) e solventes eutéticos profundos naturais (**NADES** - *Natural Deep Eutectic Solvents*) (Orejuela-Escobar *et al.*, 2021).

Um pré-tratamento ideal deve minimizar as necessidades energéticas, ser de baixo custo, minimizar a formação de subprodutos e subprodutos que provoquem diminuição da ação do pré-tratamento, aumentar a acessibilidade da celulose às enzimas (Abu Tayeh *et al.*, 2020).

Hidrólise/Sacarificação

A **hidrólise química** envolve a exposição da biomassa lenhocelulósica a um determinado produto químico, de forma a quebrar as ligações internas das celuloses e hemiceluloses disponibilizar açúcares em formas mais simples (Quilhó, 2011). Este processo pode ser efetuado com ácidos, na forma concentrada ou diluída, mas também com bases (hidrólise alcalina).

Os fatores que influenciam a hidrólise química são a proporção entre a superfície pelo volume, concentração de ácido, temperatura e tempo (Naik *et al.*, 2010). Quanto menor for o tamanho das partículas, melhor será a hidrólise em termos de extensão e taxa de reação (Naik *et al.*, 2010).

Depois do pré-tratamento, a biomassa lenhocelulósica pode ser submetida ao processo de **hidrólise enzimática**, em que os polissacáridos contidos na biomassa lenhocelulósica pré-tratada são despolimerizados (Negro *et al.*, 2017). A hidrólise da celulose, também chamada sacarificação, é o processo que converte a celulose em glucose, Figura 5. A sacarificação dos polímeros de celulose e hemicelulose de biomassa pré-tratada é a etapa de maior importância para a produção de etanol a partir de substratos lenhocelulósicos, pois trata-se de um processo suave que pode oferecer rendimentos potencialmente elevados e os custos de manutenção são baixos, comparados com a hidrólise ácida ou alcalina, refletindo-se diretamente na economia do processo de bioconversão. A hidrólise enzimática é compatível com muitos tipos de pré-tratamentos, mas há que remover produtos resultantes dos pré-tratamentos que possam ser tóxicos para as enzimas (Patel & Shah, 2021; J. K. Saini *et al.*, 2015). É considerada eficaz, específica, viável e ambientalmente sustentável em comparação com hidrólise não enzimática (Patel & Shah, 2021).

Devido à complexa estrutura da biomassa lenhocelulósica, a hidrólise completa da celulose requer uma combinação de enzimas numa proporção correta, que atuam de forma sinérgica (Gírio, 2021; Negro *et al.*, 2017; J. K. Saini *et al.*, 2015). Segundo alguns autores (Jørgensen, Kristensen, & Felby, 2007; Ogeda & Petri, 2010; Patel & Shah, 2021; Shah, Patel, & Narra,

2017), a celulase é um complexo enzimático, que pelo sistema tradicional de classificação de enzimas, está dividida em três classes:

- Endoglucanase, hidrolisam aleatoriamente ligações internas nas regiões amorfas da celulose, produzem oligossacarídeos com cadeias de vários comprimentos e vários graus de despolimerização e abrem novas extremidades na cadeia. A sua atuação causa rápida diminuição no comprimento da cadeia (J. K. Saini *et al.*, 2015; Siqueira *et al.*, 2020).

- Exoglucanases (ou celobiohidrolases), grupo de enzimas que se movimentam ao longo das cadeias de celulose para cortar unidades de celobiose das extremidades (celobiohidrolase) e glucose (glucanohidrolases);

- Glucosidases (ou 1,4- β -d-glucosidases), hidrolisam a celobiose em glucose e também as unidades de glucose dos celoligossacarídeos.

O complexo enzimático celulase ideal deve ser altamente ativo na biomassa, funcionar bem em pH relativamente ácido, resistir ao stresse do processo, suportar altas concentrações de produtos finais e, principalmente, ser rentável (Patel & Shah, 2021).

O processo de bioconversão da celulose em glucose ocorre em dois passos (Figura 5): num 1º passo as exoglucanases e endoglucanases reduzem o grau de polimerização da celulose na fase líquida, levando à libertação de celobiose; no 2º passo a β -glucosidase quebra a celobiose formando glucose. A endoglucanase faz cortes internos na celulose e assim fornece novas extremidades de cadeias para as exoglucanase e glucosidase atuarem, isto permite obter um aumento da atividade hidrolítica e devido ao efeito sinérgico, cada enzima acelera a ação da outra, resultando no aumento do rendimento da hidrólise (J. K. Saini *et al.*, 2015).

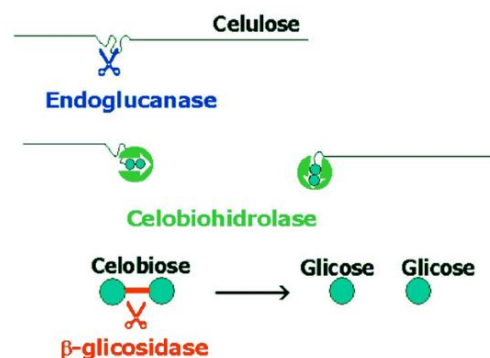


Figura 5 - Esquema da ação do complexo enzimático (celulase) sobre a celulose. FONTE: (Ogeda & Petri, 2010).

As celulases derivam maioritariamente de fungos e bactérias aeróbias e a sua classificação é baseada no estado de despolimerização do substrato que estas atacam (Siqueira *et al.*, 2020). Além das celulases, as hemicelulases também são essenciais, pois aumentam o acesso à celulose por parte das enzimas ao solubilizarem a estrutura da hemicelulose que atua como barreira (Patel & Shah, 2021). As hemicelulases caracterizam-se como enzimas degradantes

da cadeia principal (xilanase, mananase, arabinose, β -xilosidase, β -manosidase) e enzimas de clivagem de cadeia lateral (esterases, α -L-arabinofuranosidase).

O custo de enzimas celulases pode representar cerca de 30% do custo de produção de combustível a partir de açúcar celulósico (Patel & Shah, 2021; J. K. Saini *et al.*, 2015; Siqueira *et al.*, 2020). Por essa razão, tem-se vindo a desenvolver a produção de enzimas no próprio local de produção do biocombustível (*on-site*), recorrendo a substratos de baixo custo e de grande disponibilidade, por forma a serem diretamente integradas na linha de produção evitando o armazenamento e dispensando processos mais complexos a jusante (Siqueira *et al.*, 2020; Patel e Shah, 2021). A produção *on-site* é mais eficiente em termos energéticos, emite consideravelmente menos GEE e é ecologicamente correta por ser realizada através de biomassa lenhocelulósica residual que seria queimada ou descartada no meio ambiente (Siqueira *et al.*, 2020).

Os bioprocessos para produção de celulases têm sido exaustivamente estudados e otimizados, mas ainda é necessário concentrar esforços no processamento a jusante, por forma a aumentar a estabilidade enzimática (Siqueira *et al.*, 2020).

A dependência da oferta de celulases pode dificultar bastante a logística da produção, estando a produção *on-site* dependente da biomassa pré-tratada. Por este facto tem havido tendência de se procurar fazer reciclagem de enzimas (Gírio, 2021).

O desenvolvimento de misturas enzimáticas eficientes a baixo custo ainda é um desafio para o processamento da biomassa, muito por causa da variabilidade dos seus constituintes. O sucesso da hidrólise passará pela conjugação de vários fatores, não só relacionados com as enzimas mas também com os substratos, tais como a carga de enzimas, período de hidrólise, temperatura e pH. Por outro lado, as características estruturais que resultam dos pré-tratamentos também condicionam a hidrólise enzimática, por exemplo substratos pré-tratados por processos mais suaves podem necessitar de doses mais altas de enzimas para atingir rendimentos em açúcares aceitáveis. Na última década, a comunidade científica tem-se focado principalmente na hidrólise enzimática. Esta tarefa tem por base o aumento das quantidades de substrato convertível para obter soluções mais concentradas em açúcares fermentescíveis. Isto permitirá uma redução de consumos, nomeadamente, diminuir custos de energia e de fermentação de etanol. É de destacar a alta concentração de biomassa necessária para alimentar todo o processo (Patel & Shah, 2021).

Vários grupos de investigação estão a trabalhar em celulases termo-estáveis de forma a aumentar a eficiência da hidrólise enzimática da celulose, nomeadamente agentes bacterianos (*Bacillus*, *Geobacillus*, *Caldibacillus*, *Acidothermus*, *Caldocellum* e *Clostridium*) fúngicos (*Chaetomium*, *Talaromyces* e *Thermoascus*)(Patel & Shah, 2021).

Fermentação

A fermentação consiste numa variedade de processos químicos e enzimáticos que resultam na transformação de açúcares em etanol (Malode *et al.*, 2021). A fermentação de açúcares, tanto a partir da hidrólise enzimática da celulose (açúcares C5) como da hemicelulose (açúcares C5 e C6), geralmente é efetuada através de leveduras. Na fermentação de C6 é usualmente usada a levedura *Sacharomyces*, enquanto para os açúcares C5 são usados microrganismos como *Pachysolen tannophilus*, *Candida shehatae* e *Pichia stipitis* (Negro *et al.*, 2017). *Saccharomyces cerevisiae* é bem estabelecida para o processo de fermentação e obtenção de etanol de forma eficiente (Patel & Shah, 2021). Esta levedura tem a capacidade de converter açúcares C5 e C6 permitindo um aumento da economia de conversão, mesmo tendo em conta a baixa eficiência de fermentação de açúcares C5. Há que ter em atenção o facto que as leveduras não toleram valores de pH baixos, nem elevadas concentrações de etanol e/ou subprodutos (Malode *et al.*, 2021). Um microrganismo ideal deve utilizar uma ampla gama de substratos, ter alto rendimento, boa produtividade de etanol, ter alta tolerância ao etanol, à temperatura e a inibidores presentes no hidrolisado (J. K. Saini *et al.*, 2015). Segundo Patel e Shah (2021), existem diversas abordagens para a fermentação para produção de bioetanol 2G: hidrólise e fermentação separadas (SHF); sacarificação e co-fermentação simultâneas (SSCF); bioprocessamento consolidado (CBP); bio-sacarificação consolidada (CBS); sacarificação e fermentação em simultâneo (SSF); e co-fermentação (CF), representados na Figura 6.

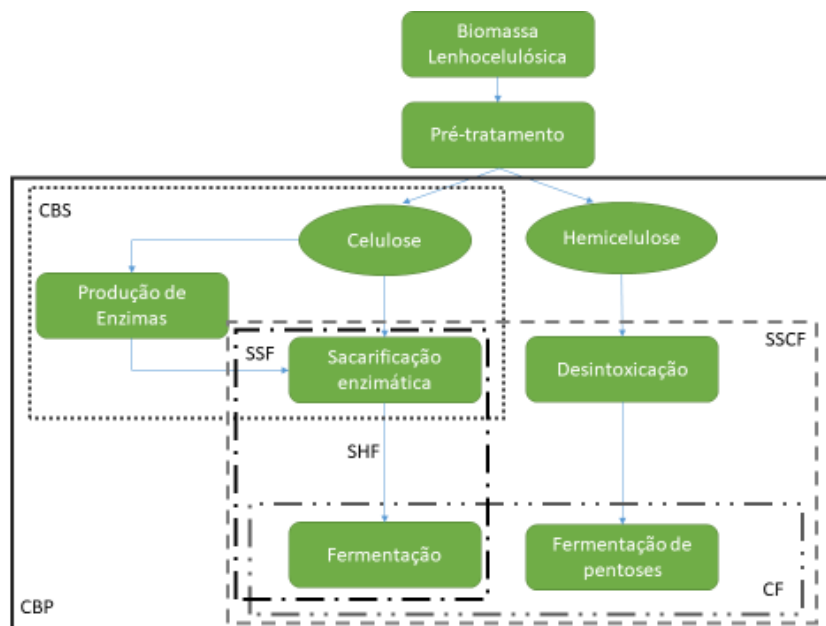


Figura 6 - Esquema de processos de fermentação com vista à produção de bioetanol. Adaptado de:(Patel & Shah, 2021)

Hidrólise e fermentação separadas (SHF) é um processo em duas etapas que envolve hidrólise do substrato seguido de fermentação do fluido sacarificado, separadamente. Este processo convencional permite conduzir as etapas individualmente sob as suas condições ótimas (Siqueira *et al.*, 2020). Todavia, neste tipo de processamento a glucose e a celobiose permanecem no mesmo meio que a celulose e a celulase, e estes açúcares inibem a ação da celulase durante a hidrólise, diminuindo o rendimento em etanol (Ogeda & Petri, 2010; Patel & Shah, 2021; J. K. Saini *et al.*, 2015)

Hidrólise e Fermentação em simultâneo (SSF) neste caso a hidrólise da celulose é consolidada pela simultânea fermentação direta da glucose produzida, evitando o problema da inibição dos produtos da hidrólise associada às enzimas. Este processo revelou vantagens como a redução de custos, maior rendimento em etanol devido à conversão dos agentes inibidores produzidos na sacarificação enzimática e redução do número de reatores necessário. Porém, este processo ocorre fora das condições ótimas para os processos de hidrólise enzimática e fermentação (J. K. Saini *et al.*, 2015). A temperatura ótima de reação para as enzimas é muito mais alta para a fermentação do que para a hidrólise, o que faz com que a hidrólise enzimática seja o fator limitante da taxa de produção no processo de sacarificação e fermentação simultânea. Este processo é economicamente favorável sob alta carga de sólidos, bem como permite alta concentração de etanol, o que favorece posteriormente a destilação, todavia a alta de carga de sólidos gera uma elevada viscosidade do meio, níveis elevados de compostos inibidores e graves problemas de mistura (Patel & Shah, 2021).

Os microrganismos mais comuns e robustos neste tipo de fermentação são a *S. cerevisiae* e *Z. mobilisi*. A produção de etanol a partir de açúcares tem sido dominada pela levedura *S. cerevisiae*, no entanto esta é apenas capaz de converter hexoses em etanol. As leveduras mais promissoras têm capacidade de converter tanto hexoses como pentoses, e são *Pichia stipitis*, *Candida shehatae* e *Pachysolan tannophilus*. Numa perspectiva de produção de etanol à escala industrial, leveduras termotolerantes como a *Kluyveromyces marxianus* tem muitas vantagens neste tipo de fermentação. Neste tipo de processamento (SSF) é necessário elevar a temperatura de forma a maximizar a sacarificação e mais tarde arrefecer para melhorar as condições de fermentação, ao usar leveduras termotolerantes não há necessidade de arrefecimento pelas próprias características das leveduras, o que permite aumentar a eficiência do processo (Patel & Shah, 2021; J. K. Saini *et al.*, 2015).

Como forma de ultrapassar estes problemas, surgiram processos como a pré-hidrólise e a sacarificação e co-fermentação simultânea integradas em biorrefinaria (Negro *et al.*, 2017).

Na **Sacarificação e Co-Fermentação em simultâneo (SSCF)**, ocorre co-fermentação de hexoses e pentoses. A sacarificação e co-fermentação simultânea é idêntica à sacarificação e fermentação simultânea, mas ao envolver a fermentação de hexoses e pentoses permite

aumentar o rendimento em etanol. A vantagem do processo com co-fermentação é que a fermentação simultânea da glucose libertada minimiza a formação de agentes inibidores, assim como o aumento da proporção de xilose/glucose, permitindo o consumo de xilose pelo microrganismo que leva a cabo a fermentação (Patel & Shah, 2021). Neste caso, os microrganismos de co-fermentação têm de ser necessariamente compatíveis quanto ao pH e temperatura de operação. A capacidade de fermentar pentoses em conjunto com hexoses não é uma competência comum entre microrganismos, sendo por isso o maior obstáculo na produção industrial de bioetanol 2G por esta via (J. K. Saini *et al.*, 2015). Pode ser aplicada uma técnica de co-cultura, utilizando-se uma combinação de microrganismos fermentadores de hexose e pentose com o objetivo de atingir a fermentação total dos açúcares da biomassa (J. K. Saini *et al.*, 2015). Ambas as frações do pré-tratamento, líquida e sólida, são usadas na fermentação para produzir biocombustível (Siqueira *et al.*, 2020).

Este processo mostra-se interessante uma vez que permite aumentar a produção do biocombustível e reduzir etapas de pré-tratamento (remoção de hemiceluloses) (Siqueira *et al.*, 2020). Baseado neste processo foi desenvolvido um outro denominado **filtração de sacarificação e fermentação simultânea**, que consiste num processo contínuo em que a biomassa e o hidrolisado passam por um filtro, a biomassa retida retorna ao reator de hidrólise e o caldo rico em açúcares é conduzido para o fermentador, onde células de levedura são imobilizadas e reutilizadas (Ishola, Brandberg e Taherzadeh, 2015; Siqueira *et al.*, 2020).

O **Bioprocessamento Consolidado (CBP)** consiste em usar apenas um microrganismo para produzir celulase e bioetanol. O bioetanol e todas as enzimas necessárias são produzidas por um simples organismo ou consórcio microbiano, no mesmo reator, mais concretamente, um microrganismo celulótico é geneticamente modificado para produzir bioetanol (*CBP I*) ou uma levedura ou bactéria etanologénea que é modificada para conseguir produzir celulasas (*CBP II*) (J. K. Saini *et al.*, 2015; Siqueira *et al.*, 2020). O CBP tem sido considerado um processo promissor pois permite a redução de custos, ainda que o rendimento em etanol seja menor e o tempo de fermentação seja mais longo, na ordem dos 3-4 dias (Patel & Shah, 2021; J. K. Saini *et al.*, 2015).

Um exemplo de microrganismos que estão a ser estudados para o CBP são *Clostridium thermocellum* e *Clostridium cellulolyticum* (Patel & Shah, 2021). Também pode ser interessante usar fungos filamentosos para produzir um complexo enzimático, com xilanases e celulasas, por forma a extrair xilose e glucose dos tecidos lenhocelulósicos e posteriormente serem co-fermentadas por leveduras modificadas (Siqueira *et al.*, 2020).

Recentemente, foi proposta uma nova estratégia para a bioconversão da lenhocelulose baseada no bioprocessamento consolidado chamada **Bio-sacarificação consolidada (CBS)**, em que a produção da enzima é integrada com a hidrólise, mas separada do processo de

fermentação, isto permite maximizar a capacidade enzimática e a fermentação não estará limitada pelas condições da hidrólise (Patel & Shah, 2021).

Existem várias formas de converter os açúcares presentes nas lenhas de poda de oliveira em etanol. Segundo Negro *et al.* (2017), os melhores resultados foram para a lenha de poda pré-tratada com água quente e fermentada através de sacarificação e fermentação simultânea. Sendo importante que, antes da fermentação, se faça uma desintoxicação dos hidrolisados para reduzir o efeito inibidor dos compostos libertados pelos materiais (Negro *et al.*, 2017).

O bagaço de azeitona proveniente do sistema tradicional de extração tem sido explorado para a produção de etanol 2G utilizando *E. coli*. Os bagaços provenientes de outros métodos de extração e os caroços de azeitona fracionados também foram utilizados para a produção de etanol por sacarificação e fermentação em simultâneo com rendimentos da ordem de 15 kg de etanol por 100 kg de matéria-prima (Negro *et al.*, 2017).

Destilação

Esta etapa tem como objetivo a purificação do etanol e o seu custo é substancialmente mais alto quando a mistura a purificar tem uma concentração de etanol baixa. Para minimizar os custos pode concentrar-se as soluções de açúcar antes da fermentação. Outra alternativa é recorrer à destilação por membrana, que é simples de usar e tem pouca manutenção tornando-se mais eficiente e económico do que os outros processos de destilação disponíveis (J. K. Saini *et al.*, 2015).

Mesmo após os avanços verificados na produção de etanol 2G proveniente de matéria-prima lenhocelulósica ainda há vários aspetos a melhorar, nomeadamente no aproveitamento de pentoses e adaptação para a escala industrial de forma a atingir custos eficientes para uma produção comercial (Patel & Shah, 2021). Segundo diversos autores (Patel & Shah, 2021; J. K. Saini *et al.*, 2015), os principais desafios associados à produção industrial com matérias-primas provenientes de resíduos agrícolas são:

→ Pré-tratamento:

- Heterogeneidade da matéria-prima
- Recalcitrância
- Formação de inibidores
- Viabilidade económica.

→ Hidrólise:

- Despolimerização eficiente da celulose e hemicelulose em açúcares fermentáveis
- Redução dos custos das enzimas
- Obstáculo estrutural da lenhina e outros inibidores

→ Fermentação:

- SHF – inibição na fase final

- SSF – Baixo rendimento em açúcares
- Uso de microrganismos recombinantes/ geneticamente melhorados.
 - ➔ Utilização de resíduos em “cascata”/biorrefinaria:
- Aproveitamento da hemicelulose e lenhina remanescente.
 - ➔ Logística:
- Recolha, fornecimento e transporte da matéria-prima.

No sentido de ultrapassar estes desafios há que atuar a diversos níveis, por exemplo: melhorar o fracionamento da lenhocelulose; produzir enzimas *on-site* a partir dos resíduos biomássicos dos processamentos a montante por forma a reduzir os custos com as enzimas; identificar enzimas robustas; recorrer a pré-hidrólise e SSCF no sentido de melhorar a eficiência de bioconversão; reduzir os custos de produção, da energia e dos pré-tratamentos, nomeadamente pela adoção da valorização em “cascata” gerando multiprodutos, contribuindo para viabilizar economicamente todo o processo de produção (Patel & Shah, 2021; Siqueira *et al.*, 2020).

É bastante claro, hoje em dia, o particular interesse na integração da produção de etanol 2G com bioprodutos de alto valor acrescentado, visto que esta abordagem integrada será fundamental para a viabilidade económica da produção (Patel & Shah, 2021; J. K. Saini *et al.*, 2015). Para além de produzir etanol celulósico, as biorrefinarias também podem produzir *pellets* (a partir da lenhina); biogás; CO_2 líquido para gelo seco e composto (Patel & Shah, 2021).

O crescente interesse na produção de bioetanol 2G deve-se ao seu potencial de reaproveitamento de grandes quantidades de resíduos que seriam queimados, prejudicando o ambiente (Siqueira *et al.*, 2020).

A principal barreira na implementação do bioetanol 2G é a combinação de investimentos de alto risco (tecnológicos, políticos etc.) com o baixo potencial de retorno (Contreras, Romero, Moya, & Castro, 2020).

2.2.2. Biorrefinarias

Os desperdícios agroalimentares e agroindustriais, devido à grande diversidade de produtos de que são derivados, constituem uma matéria-prima com elevado potencial para processamento numa biorrefinaria (Negro *et al.*, 2017). Uma biorrefinaria define-se como uma instalação que integra processos de conversão de biomassa e equipamentos para produzir combustíveis, produtos químicos e energia, sendo que estes produtos poderão ser quimicamente equivalentes a produtos petroquímicos existentes ou ter uma nova funcionalidade (LNEG, sem data-a; Naik *et al.*, 2010).

Uma biorrefinaria de segunda geração (biorrefinaria 2G), para além de resíduos agrícolas, pode processar resíduos agroindustriais, alimentares, entre outros, evitando o uso de culturas alimentares (biorrefinaria 1G) (Orejuela-Escobar *et al.*, 2021). Os resíduos agrícolas usados mais frequentemente em biorrefinaria são: palhas de trigo, casca de cevada, palha de cevada, casca de arroz, palha de aveia, espigas de milho, canas de milho, bagaço de cana-de-açúcar e palha de sorgo (Patel & Shah, 2021).

Uma biorrefinaria é um projeto intensivo a nível de capital, e quando arquitetada para apenas uma tecnologia de conversão pode ter elevados custos de produção, assim, ao combinar várias tecnologias de conversão permite diluir o custo total, bem como ter mais flexibilidade na criação do produto e ainda ser abastecida pela sua própria energia. O conceito de biorrefinaria integrada autossustentável permite transformar matérias-primas por meio de diferentes processos para produzir uma vasta gama de biomateriais e bioprodutos, maximizando os recursos e a eficiência energética (Negro *et al.*, 2017). Numa biorrefinaria integrada de etanol 2G, a pré-extração e isolamento de hemiceluloses e lenhina é seguida da produção de produtos de valor acrescentado como *pellets*, poliéster de base açúcar, xilitol, furfural, xarope de alta concentração de frutose, L-arabinose, biopolímeros, entre outros, que permitem aumentar a rentabilidade do processo de bioconversão, além do bioetanol. Dessa forma, todos os açúcares isolados são direcionados para produzir bioetanol ou produtos de base biológica, e os “resíduos” gerados são utilizados para gerar eletricidade o que constitui uma abordagem em cascata (Patel & Shah, 2021).

A lenhina pode contribuir de forma significativa para a melhoria da biorrefinaria lenhocelulósica através do incremento de valor na produção de produtos tais como: resinas, compósitos, polímeros, compostos de carbono e fibras de carbono. O grande desafio deste material prende-se com a sua estrutura química complexa, influenciada pela origem da biomassa e métodos de fracionamento da mesma (Negro *et al.*, 2017).

Cada biorrefinaria conduz as operações de forma a maximizar a valorização das extrações enquanto minimiza os fluxos de resíduos, através do equilíbrio entre a produção de pequenos volumes de produtos de alto valor acrescentado e grandes volumes de produtos de baixo valor acrescentado (Fernando, Adhikari, Chandrapal, & Murali, 2006; LNEG, sem data-b; Naik *et al.*, 2010).

As biorrefinarias lenhocelulósicas integradas têm um grande potencial de oferta de etanol 2G a um preço competitivo para o consumidor final pela conjugação da produção em massa de produtos de valor acrescentados (Patel & Shah, 2021).

O uso de diferentes subprodutos provenientes da cultura de olival e da extração de azeite, incluindo resíduos de poda, folhas de oliveira, bagaços de azeitona, caroços de azeitona numa única instalação, convertendo-os em inúmeros produtos (aditivos alimentares, bioprodutos, biomateriais, biocombustíveis e bioenergia), constitui uma oportunidade de criação de uma

biorrefinaria. Este conceito pode ser viável em pequena escala, adaptável a áreas rurais onde se geram estes desperdícios, em contraste com biorrefinarias de grande dimensão que exigem grandes custos de investimento e deparam-se com algumas dificuldades para a aquisição de matéria-prima e para a distribuição sustentável dos produtos processados (Negro *et al.*, 2017).

Há muitos desafios a ultrapassar pelas indústrias, sendo o maior deles todos a sazonalidade da oferta de biomassa. O custo das matérias-primas pode também tomar particular atenção, assim como o custo de transporte desde as explorações agrícolas até à biorrefinaria, esta conjugação pode ser vital para a economia geral da biorrefinaria (Patel & Shah, 2021). Os principais aspetos que criam dúvidas aos investidores e que são cruciais para tornar as biorrefinarias de biomassa lucrativas são: os altos custos de processamento, investimentos iniciais avultados e uma margem estreita entre os preços de matéria-prima e do produto final (Patel & Shah, 2021), elevados custos associados aos pré-tratamentos, aos componentes de fermentação e com a eficiência de produtividade, nomeadamente a fermentação de hexoses em sistemas de 1G é da ordem das 8 horas e a fermentação de hexoses e pentoses em sistemas 2G é de 36 – 48 horas (Gírio, 2021).

Segundo Gírio (2021), os materiais lenhocelulósicos com teores inferiores a 40% (celuloses e hemiceluloses) terão muita dificuldade em tornarem-se viáveis para produção de bioetanol, assim como há uma grande necessidade de obter escala, deve haver pelo menos 50 – 150 mil toneladas de uma matéria-prima/ano homogénea e concentrada geograficamente para a biorrefinaria ter viabilidade. Dependendo da composição das matérias-primas e dos processos de produção mas pode-se pensar que 3kg de matéria-prima podem dar origem a 1kg de bioetanol (Gírio, 2021).

As motivações para o desenvolvimento de biorrefinarias de materiais lenhocelulósicos passam pelo abastecimento de uma energia renovável e sustentável; promoção de crescimento económico, nomeadamente pela redução de dependência de petróleo importado e poupança de recursos financeiros associados; fortalecimento de uma economia circular neutra em carbono (Patel & Shah, 2021).

2.3. Setor oleícola

2.3.1 Olivicultura - origens e sistemas de produção

Pensa-se que a oliveira (*Olea europaea L.*) teve origem na Ásia menor em tempos muito remotos. Sabe-se que era uma cultura frequente no Egipto há mais de 4000 anos e que foi através das invasões romanas que teve a sua maior difusão. Neste momento está difundida

por todo o mundo, sendo cultivada nos 5 continentes (EDIA *et al.*, 2020) é a cultura mais importante nas áreas da bacia Mediterrânica (Miranda *et al.*, 2019).

A oliveira é uma árvore típica do clima mediterrânico, considerada uma espécie autóctone da região, está perfeitamente adaptada às condições edafoclimáticas desta região (Figura 7). Consegue suportar grandes amplitudes térmicas, dos -7°C na estação fria (com médias de 5-6°C) às altas temperaturas de Maio e Junho. Porém, por este último período ser a época de floração e vingamento, as temperaturas muito elevadas acabam por comprometer a produção.

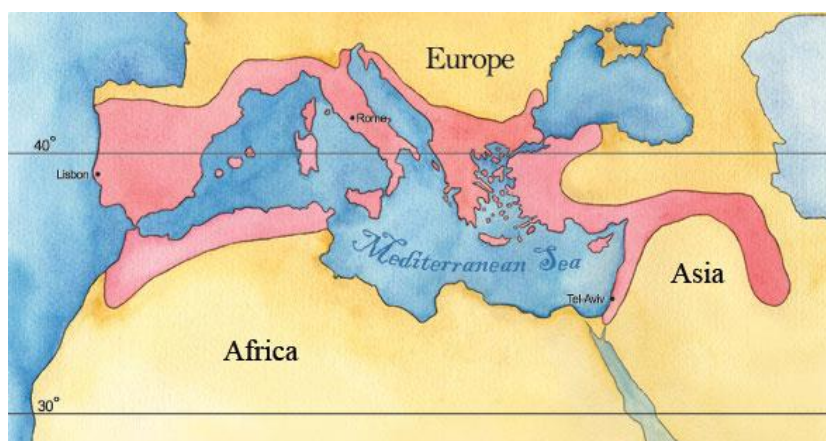


Figura 7 - Mapa da região Mediterrânica (Incombe, 2011).

A oliveira tolera todo o tipo de solos, tendo sido conduzida em regime de sequeiro durante séculos, contudo nas últimas décadas tem-se assistido a uma forte adaptação ao regadio, assim como a um desenvolvimento tecnológico acentuado do setor (EDIA *et al.*, 2020). Atualmente, cada oliveira pode produzir entre 15kg a 40kg de azeitona por ano (Souilem *et al.*, 2017).

Segundo Olivum (2019), o olival engloba um conjunto de características favoráveis ao ambiente que reforçam fatores de sustentabilidade:

- O recurso à agricultura de precisão;
- O olival moderno é um sequestrador líquido de CO_2 ;
- A não mobilização e a incorporação de resíduos, são práticas que diminuem a suscetibilidade à erosão, melhoram a qualidade do solo e aumentam a capacidade de retenção de carbono;
- Representa 8% do mercado dos fitofármacos em Portugal;
- Representa 1,9% das necessidades totais de azoto e 1% das necessidades totais na agricultura nacional;
- Representa uma maior riqueza em biodiversidade muito superior a outras culturas.

Existem duas formas modernas de condução do olival: em “Vaso” e em “Sebe”, comumente designadas por “olival intensivo” e “olival superintensivo”, respetivamente. Estes diferenciam-se entre si pela sua forma de condução, densidade de árvores, rendimentos e encargos. As

densidades de plantação variam de 600 árvores/hectare em olivais com condução em vaso e 1000 a 2500 árvores/hectare em olivais com condução em sebe. É uma cultura muito mecanizável, o que a torna menos dependente de mão-de-obra agrícola temporária (EDIA *et al.*, 2020).

Olival Tradicional



Figura 8 - Olival tradicional, Sociedade Agrícola Monte da Mó e Preguiça, concelho de Moura (foto do autor, 01/06/2021).

Segundo Rallo *et al.* (2013), o olival tradicional caracteriza-se por plantações entre as 70 e as 100 árvores/hectare. A maioria dos olivais tradicionais foi estabelecido com um compasso entre árvores bastante elevado, apresenta árvores de dimensão considerável e sob condições de sequeiro. Este sistema está geralmente relacionado a oliveiras antigas, plantadas de forma irregular, número reduzido e localizados em terrenos de declive considerável. Está também associado a culturas anuais ou pastagens permitindo o complemento pecuário. A gestão é feita com base na sabedoria dos mais antigos e resulta em produtividades baixas. Nos dias de hoje, estão a ser substituídos por olivais com compassos mais apertados com a possibilidade de mecanização (Rallo *et al.*, 2013).

Existe olival tradicional disperso e olival tradicional alinhado. O sistema disperso não obedecia a nenhuma ideia de cultura contínua, assim sendo, podiam aparecer quer em zonas de horta como em beiras de caminhos ou a limitar parcelas e propriedades, ou até mesmo surgir de enxertos em zambujeiros bravos como forma de aproveitamento destes aparecimentos espontâneos. Não representa utilização única do solo e está associado a outras utilizações mais ou menos intensivas, desta forma pouco sujeito a manutenção. Para além da colheita, sofria podas severas com objetivo do aproveitamento da lenha para aquecimento doméstico. Grande parte deste olival está hoje abandonado, devido principalmente à sua baixa produtividade e inviabilidade económica (Barroso, Peça, Dias, Pinheiro, & Santos, 2013).

O olival alinhado (Figura 8 e Figura 9) já tem uma planificação da cultura com o objetivo de facilitar as diversas intervenções. Neste tipo de cultura a utilização do solo é geralmente



Figura 9- Oliveiras em olival tradicional, Sociedade Agrícola Monte da Mó e Preguiça, concelho de Moura (foto do autor, 01/06/2021).

exclusiva. Embora nem sempre se faça o combate às infestantes do solo, já existe uma planificação prévia das intervenções mais comuns onde a poda das árvores, o formato da copa, altura do tronco e o intervalo de tempo entre intervenções estão pré-estabelecidos. As podas caracterizam-se por ser espaçadas e intensas o que causa períodos de tempo de menor produtividade enquanto as árvores se recompõem. A utilização de fatores de produção é muito limitada e a produtividade deste tipo de olival pode variar entre 500 e os 1500 kg por hectare (Barroso *et al.*, 2013).

Os olivais tradicionais especializados (Figura 8) caracterizam-se pela plantação de cultivares locais, em sistemas de sequeiro com densidades entre 17 e as 300 árvores por hectare. A poda é muito importante para reduzir o porte das árvores e potenciar a colheita. A condução através de 3-4 pernadas permite aumentar a interceção da radiação solar e também facilita a colheita manual da azeitona pela sua proximidade ao chão (Rallo *et al.*, 2013).

Olival em Vaso



Figura 10 - Olival em Vaso, Torre das Figueiras, concelho de Monforte (foto do próprio, 03/09/2021).

O olival em vaso (Figura 10) pode variar entre 150 – 250 árvores por hectare sob sequeiro e 200 – 700 árvores por hectare se providenciado de irrigação (Barroso *et al.*, 2013; Mairech *et al.*, 2020; Rallo *et al.*, 2013).



Figura 11 - Olival em vaso, Torre das Figueiras, concelho de Monforte (foto do próprio, 03/09/2021).

Este tipo de olival foi resultado de um dos avanços tecnológicos da cultura, nomeadamente, pelo aumento de densidade de árvores. Tal como o olival tradicional, este tipo de olival caracteriza-se por ser descontínuo entre copas, ou seja, a interceção de luz faz-se individualmente (Rallo *et al.*, 2013). É importante que a distribuição das plantas seja em retângulo com diferença de 2 a 3 metros entre a distância das plantas na entrelinha e na linha de forma a facilitar a colheita mecânica através de vibração do tronco (Barroso *et al.*, 2013).



Figura 12 - Oliveira em vaso, Torre das figueiras, concelho de Monforte (foto do próprio, 03/09/2021).

A poda é anual e é privilegiada a abertura do centro da copa (Figura 12), evitando a formação de globo, assim como a eliminação de madeira velha e ramos ladrões privilegiando uma copa preenchida com ramos jovens produtivos (Barroso *et al.*, 2013).

Neste tipo de olivais, a produção inicia entre o 3º e o 4º ano após plantação e a entrada em velocidade cruzeiro dá-se entre o 7º e o 10º ano após plantação, sendo que o período de vida útil prolonga-se até aos 50 anos (Rallo *et al.*, 2013). A escolha das cultivares permite adiantar, aumentar e regularizar a colheita e a produtividade ronda as 7 e as 9 toneladas por hectare (Barroso *et al.*, 2013; Rallo *et al.*, 2013).

O olival em vaso teve grande importância na primeira vaga de instalação de olivais em Alqueva, tanto que ainda hoje é o sistema de produção mais comum (EDIA *et al.*, 2020).

Olival em Sebe



Figura 13 - Olival em sebe, Olivais do Sul - Herdade da Azambuja, concelho de Portel (foto do próprio, 31/08/2021).

O olival em sebe (Figura 13) surgiu em simultâneo com o olival em vaso e tem mostrado algumas vantagens, nomeadamente, altos níveis de rentabilidade devido aos menores custos de produção relativos à mão-de-obra agrícola, pelo recurso de mecanização em quase na totalidade das operações (colheita, poda e tratamentos fitossanitários), e pelo aumento significativo de interseção da radiação através de um grande número de pequenas copas de árvores. A colheita mecanizada provoca menos dano ao fruto e por ser mecanizada, permite um transporte mais rápido para o lagar criando condições para uma produção de azeite de qualidade (EDIA *et al.*, 2020; Guerrero-Casado, Carpio, Tortosa, & Villanueva, 2021). Segundo Mairech *et al.* (2020). Este sistema de olival comporta entre 1200 – 2500 árvores/ha.



Figura 14 - Oliveiras em olival em sebe, Herdade da Azambuja - Olivais do Sul, concelho de Portel (foto do próprio, 31/08/2021).

A arquitetura da planta depende dos arranjos espaciais e temporais das suas partes e é baseada nos traços morfológicos na escala de ramos e rebentos. É afetada tanto por fatores internos (genéticos), como por fatores externos (condições ambientais) (Rosati, Paoletti, Caporali, & Perri, 2013). É um sistema caracterizado por árvores de porte menor (Figura 14), o que lhes permite uma taxa de folhas e estruturas vegetativas mais diretamente envolvidas na frutificação do que em oliveiras maiores, onde há uma maior energia destinada aos tecidos lenhosos. Assim, sistemas com muitas árvores de pequeno porte são mais eficientes do que poucas árvores na mesma área (Guerrero-Casado *et al.*, 2021).

As três cultivares mais usadas para este tipo de sistema são: Arbequina, Arbosana e Koroneiki, devido ao seu menor vigor, à sua precocidade, maior regularização da produção, nomeadamente, o fenómeno de safra e contrassafra e melhor produtividade por hectare (Mendes, 2018; Rosati *et al.*, 2013). Rosati *et al.* (2013) concluiu que as variedades Arbequina e Arbosana exibem maior ramificação

associada a menores diâmetros de tronco e ramos, o que resulta numa maior eficiência de produção. Acontece que estas cultivares investem menos em estruturas permanentes do que nas estruturas de frutificação, ou seja, menores diâmetros de troncos e galhos e maior ramificação e número de botões florais por unidade de ramo ou comprimento de tronco. Esta economia permite melhorar os rendimentos de produção.

Recentemente, tem-se plantado as cultivares Sikitita, Tosca e Askal (Rallo *et al.*, 2013).

O olival em sebe tanto pode ser conduzido por olivais irrigados com sebes estreitas, como por olivais de sequeiro com sebes estreitas. Nos olivais irrigados em sebe, a densidade de plantação é superior às 1500 árvores por hectare e com compassos de 4*1,75 e 3,5*1,35. As árvores são conduzidas sobre o eixo central com um diâmetro de tronco perto dos 40 cm. O *topping* (corte da copa das árvores com a podadora colocada na horizontal num plano de corte paralelo ao plano do solo) é uma operação essencial a partir dos 4/5 anos de plantação de forma a limitar a altura e largura da sebe e permitir a passagem da máquina de colheita sobre a sebe (Rallo *et al.*, 2013). Em termos de produção pode atingir-se as 10 toneladas por hectare (Rallo *et al.*, 2013).

O olival em sebe é extensível ao sequeiro, neste caso as densidades de plantação diminuem para 800 a 1000 árvores por hectare, ou seja, 6 a 7 metros de entrelinha e 1,5 a 2 metros na linha. As cultivares usadas são as mesmas. O diâmetro do tronco é de 40cm e em termos de produção pode atingir as 6 toneladas por hectare (Rallo *et al.*, 2013).

Estes olivais de alta densidade apresentam algumas limitações, nomeadamente, dificuldade de instalação em áreas com declive acentuado e escassez de recursos hídricos, é exigente ao nível das cultivares o que acarreta consequências ao nível dos genótipos locais e ao contrário dos olivais tradicionais este tipo requer replantação aproximadamente a cada 20 anos (Guerrero-Casado *et al.*, 2021). No entanto, em Portugal há casos reportados de olivais com 20 anos em perfeitas condições e em plena produção e em Espanha observa-se olivais em sebe com 25 anos e em plena produção (Mendes, 2018). Uma das grandes desvantagens deste sistema é a pouca oferta de cultivares para este tipo de produção (Mendes, 2018).

2.3.2 Extração de azeite

Entre as principais agroindústrias, a produção de azeite é economicamente relevante e com especial importância nos países Mediterrânicos (Abu Tayeh *et al.*, 2020; Negro *et al.*, 2017). A produção de azeite tem tendência a crescer pois devido à sua composição rica em antioxidantes e ácidos gordos essenciais à dieta humana, constitui uma das tendências alimentares mais importantes em todo o mundo (Souilem *et al.*, 2017).

O azeite é obtido a partir do fruto da oliveira através de processos mecânicos, que pode ser descontínuo por prensa (também denominado sistema tradicional de prensagem), extração

contínua por centrifugação em duas ou três fases (Galanakis & Kotsiou, 2017; Souilem *et al.*, 2017).

O diagrama da Figura 15 apresenta as operações unitárias dos diferentes processos de extração, evidenciando as diferenças entre os sistemas de extração e destacando todos os subprodutos da cadeia.

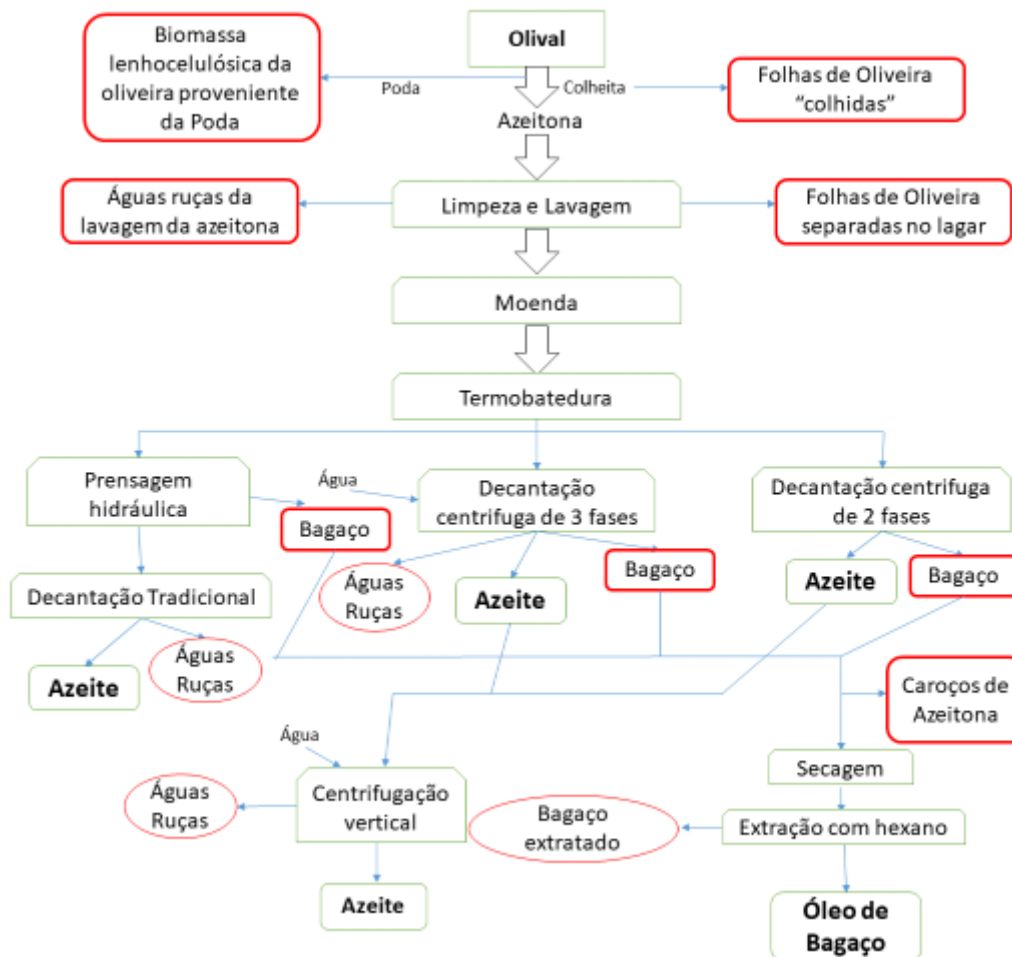


Figura 15- Diagrama da atividade oleícola, respetivos subprodutos. Adaptado de (Contreras *et al.*, 2020; Negro *et al.*, 2017; Romero-García *et al.*, 2014).

A prensagem tradicional de azeitona e o sistema contínuo de três-fases produzem três fluxos: azeite, bagaço de azeitona (e caroços) e águas ruças. O processo descontínuo (prensagem tradicional) produz menos volume de águas ruças, mas mais concentradas do que a dos processos por centrifugação (Souilem *et al.*, 2017).

Tal como apresentado na Figura 15, a primeira etapa do processo de extração de azeite é a limpeza da azeitona e a remoção dos caules, folhas, galhos e outros resíduos colhidos com as azeitonas (Souilem *et al.*, 2017). A lavagem é a etapa seguinte, que tem como finalidade a remoção de pesticidas e sujidade dos frutos. Os contaminantes leves são extraídos por fluxo de ar e os pesados sedimentam na lavagem com água. Segue-se a moenda, cujo objetivo é quebrar as membranas celulares da azeitona por forma a libertar pequenas gotas de óleo dos vacúolos. Esta operação produz uma mistura de duas fases líquidas distintas (óleo bruto e

água) e uma fase sólida extremamente heterogênea. A extração mecânica de azeitonas descaroadas tem sido proposta com o intuito de evitar a reação enzimática catalisada pela polifenoloxidase, permitindo uma maior estabilidade oxidativa e maior valor nutricional do azeite (Souilem *et al.*, 2017).

A termobatedura consiste no amassamento lento e contínuo da pasta de azeitona para facilitar a coesão das pequenas gotículas de óleo, obtido na prensagem, permitindo uma separação das fases oleosa e aquosa. De frisar que pelo sistema tradicional (Figura 16) esta etapa



Figura 16 – Batedeira de lagar tradicional, Custódio Alves Fábrica de Azeites, Montemor-o-Novo (foto próprio 03/10/2021).

quando efetuada é realizada à temperatura ambiente e no caso de sistemas modernos realiza-se um aquecimento entre os 25°C-30°C (Souilem *et al.*, 2017). O tempo de termobatedura influencia positivamente o rendimento em azeite.

Segue-se a extração, que tal como referido pode ser por prensagem ou centrifugação (em duas ou três fases).

Por último, faz-se a operação unitária de clarificação recorrendo a centrifugação vertical (Figura 17 e Figura 18), que tem como objetivo a remoção de impurezas existentes no óleo extratado no decantador. Esta operação é crucial para evitar reações de fermentação, hidrólise e oxidação que alteram as propriedades sensoriais do azeite (Souilem *et al.*, 2017).

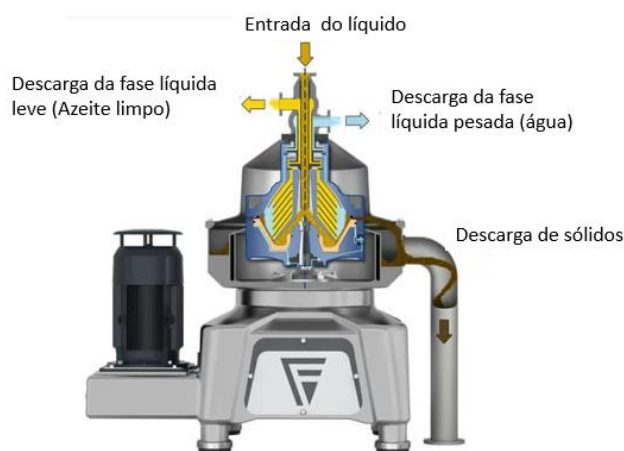


Figura 17 -Modelo de sistema vertical de centrifugação (Adaptado de (Flottweg, 2021b)).



Figura 18 - Centrifuga vertical, lagar de Olivais do Sul, Concelho de Portel (foto do próprio, 31/08/2021).

Sistema tradicional de prensagem



Figura 19 - Moinho de pedra de lagar tradicional, Custódio Alves Fábrica de Azeites, Montemor-o-Novo (foto próprio 03/10/2021).



Figura 20 - Moinho de pedra de lagar tradicional, Custódio Alves Fábrica de Azeites, Montemor-o-Novo (foto próprio 03/10/2021).

A extração por sistema tradicional ainda é usada nos dias que correm, embora com menor representatividade. As azeitonas são moídas em moinhos de pedra (Figura 19 e Figura 20), e a pasta é recolhida e espalhada em diafragmas de fibra, “capacho” (Figura 21), que são



Figura 21 - “Capacho”, diafragmas de fibra para extração de azeite em lagar tradicional, Custódio Alves Fábrica de Azeites, Montemor-o-Novo, (foto próprio 03/10/2021).

empilhados uns sobre os outros e colocados sob uma prensa. A pressão é aplicada nos discos de forma hidráulica (Figura 22), compactando a fase sólida da azeitona e retirando a fase líquida (óleo e água vegetal). A fase líquida escorre pelas laterais dos discos (Souilem *et al.*, 2017) e é recolhida em depósitos comumente designados por “tarefas”. O azeite é separado das águas ruças (águas residuais) por decantação ou centrifugação vertical (Souilem *et al.*, 2017). Os principais subprodutos deste tipo de extração são: bagaço de azeitona, águas ruças, caroços de azeitona e folhas de oliveira (Fokaides, 2017).

A necessidade de processar grandes quantidades de azeitonas e de obter maiores rendimentos de azeite, e a evolução do processo de extração do azeite levou à substituição dos moinhos tradicionais por equipamentos de centrifugação em contínuo (Souilem *et al.*, 2017).



Figura 22 – Prensas hidráulicas para extração de azeite em lagar tradicional, Custódio Alves Fábrica de Azeites, Montemor-o-Novo, (foto próprio 03/10/2021).

Sistema por centrifugação de 3 fases

Neste caso, a extração mecânica do óleo é realizada por centrifugação horizontal (Figura 23) que se baseia nas diferentes densidades dos componentes da pasta de azeitona (azeite, água e sólidos insolúveis) (Souilem *et al.*, 2017) e permite processar grandes quantidades de azeitona em pouco tempo. Durante o processo de três fases é necessária a adição de água quente por forma a “lavar o óleo”. Este processo de extração produz três fases: fase oleosa (azeite), fase líquida (água ruça) e resíduos sólidos (bagaço de azeitona, constituído por polpa de azeitona e caroços) (Souilem *et al.*, 2017).

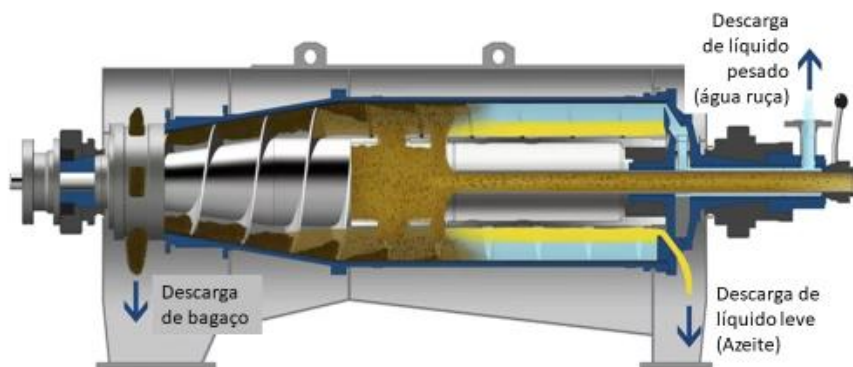


Figura 23 - Decantador centrífugo de 3 fases. Adaptado de (Flottweg, 2021c).

Os principais subprodutos deste tipo de extração são: bagaço de azeitona (com uma humidade da ordem dos 55%), águas ruças, caroços de azeitona, folhas de oliveira e grandes volumes de água residual, designada água ruça (Fokaidis, 2017; Tekerlekopoulou, Akratos, & Vayenas, 2017). O processo de três fases geralmente produz 20% de azeite, 30% de

bagaço e 50% de águas ruças, isto significa que produz 4 vezes mais resíduos do que produto em si (Tekerlekopoulou *et al.*, 2017).

A problemática ambiental associada às águas ruças levou ao desenvolvimento da tecnologia de processamento em duas fases (Souilem *et al.*, 2017).

Sistema por centrifugação de 2 fases

O sistema de centrifugação de duas fases, representado na Figura 24, foi introduzido durante os anos 90, permitindo uma redução substancial no volume de águas ruças através da separação da pasta de azeitona em azeite (fase líquida) e bagaço (fase semi-sólida com 62% de humidade) (Galanakis & Kotsiou, 2017; Souilem *et al.*, 2017; Tekerlekopoulou *et al.*, 2017). Os principais subprodutos deste processo de extração são: bagaço húmido, caroços de azeitona e folhas de oliveira (Fokaides, 2017).

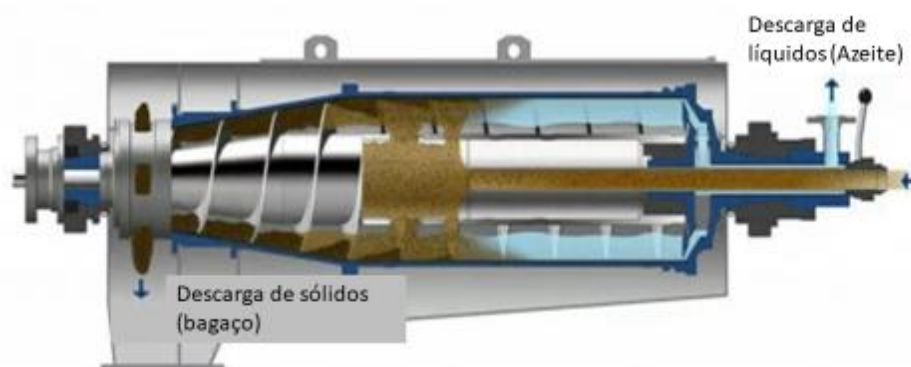


Figura 24 – Decantador centrífugo de 2 fases. Adaptado de (Flottweg, 2021a).

2.3.3 Resíduos/subprodutos da fileira oleícola

Tal como referido anteriormente, as práticas agrícolas da produção de azeitona e a produção de azeite geram grandes quantidades e uma ampla variedade de subprodutos lenhocelulósicos de baixo valor e com aplicações industriais limitadas, mas que se encontram disponíveis e concentradas num dado território (Contreras *et al.*, 2020).

Atividade Agrícola

A operação cultural designada como poda consiste no corte dos ramos e galhos menos produtivos por forma à regeneração das copas das árvores, melhorar o arejamento na copa e a exposição solar. A poda geralmente é feita dois dias após a colheita e a **lenha de poda** engloba folhas de oliveira, ramos mais finos, e madeira em proporções variáveis dependendo das condições da cultura, idade da árvore e prática cultural de poda (Negro *et al.*, 2017).

A poda pode gerar desde 2kg a 25 kg de lenha residual por árvore (Souilem *et al.*, 2017), consoante o seu sistema de condução, do sistema em sebe até ao sistema tradicional, respetivamente.

A biomassa proveniente das podas de olival contém uma quantidade significativa de celulose, hemicelulose e lenhina, Quadro 3. Esta composição permite considerar a lenha de poda um

recurso importante de energia e elementos químicos que pode ser processado pela indústria de biorrefinaria (Negro *et al.*, 2017).

Quadro 3 - Composição química dos principais componentes de interesse da lenha de poda de oliveira. Adaptado de Negro *et al.*, 2017.

Tipo de Material	% na matéria seca		
	Celulose	Hemicelulose	Lenhina
Lenhas de Poda de Oliveira	26,1-36,6	16,4-25,0	16,6-27,7

Segundo olivicultores da região de Alqueva, a prática usual é deixar os resíduos de poda nas entrelinhas dos olivais, Figura 25, onde depois são destroçadas por alfaias agrícolas especializadas. Esta operação cultural é feita com o intuito de aumentar o teor de matéria orgânica dos solos, através da degradação dos fragmentos da lenha de poda, assim como melhorar a transitabilidade das máquinas agrícolas nas entrelinhas dos olivais. Porém, esta operação cultural é muito complexa, nomeadamente, exige que os restos culturais sejam muito bem destroçados e deixados no solo a dimensão bastante reduzida. Sob pena de materiais mal destroçados originem estragos nos pneus e ainda se tornem um meio de atração a agentes patogénicos. A biomassa destroçada demora muito tempo até ser convertida em matéria orgânica ou até pode mesmo não se converter.



Figura 25 - Lenha de poda na entrelinha, poda de Verão, Herdade da Azambuja - Olivais do Sul, concelho de Portel (foto do próprio, 31/08/2021).

Segundo EDIA *et al.* (2020), a cobertura do solo com espécies pratenses e/ou incorporação de madeira das podas aumenta o teor de matéria orgânica do solo, diminui o risco de erosão associado aos olivais, considerado como moderado a alto. O teor de matéria orgânica na

camada superficial do solo de olivais tradicionais é de 2%-4%, que é um valor muito baixo sendo ainda mais baixo nos restantes tipos de olival. Num acompanhamento feito a explorações onde ocorrem estas práticas culturais, verificou-se uma evolução positiva no teor de matéria orgânica no solo.

Considera-se **folhas de oliveira associada à operação cultural de colheita de azeitona**, folhas “colhidas”, todas as folhas e pequenos galhos que acompanham a azeitona neste processo de colheita.

Há bastantes produtores que após a colheita da azeitona fazem uma pré-limpeza no campo com o objetivo de entregar ao lagar a azeitona sem folhas. Estas folhas tem diferentes aproveitamentos: vendidas para aproveitamento da biomassa; armazenadas para secagem e depois queimadas ou espalhadas nas entrelinhas do olival. Os preços de venda deste material são muito reduzidos e diferem consoante é ou não o próprio produtor a carregar os tegões de transporte do material vegetal.

As folhas de oliveira têm uma composição, Quadro 4, menos interessante no que se refere à valorização para produção de biocombustíveis líquidos avançados. Porém, tem sido estudado o seu aproveitamento com vista à produção de compostos bioativos para aplicações terapêuticas e funcionais. As folhas apresentam baixo teor em hidratos de carbono, aproximadamente 10%, mas um elevado teor de elementos químicos extraíveis (polifenóis ou outros compostos antioxidantes) (Negro *et al.*, 2017).

*Quadro 4- Composição química dos principais componentes de interesse das folhas de oliveira. Adaptado de (Contreras *et al.*, 2020; Negro *et al.*, 2017; Romero-García *et al.*, 2014).*

Tipo de Material	% na matéria seca		
	Celulose	Hemicelulose	Lenhina
Folhas de Oliveira	5,7 – 11,8	3,8 – 4,5	19,3 – 39,6

Atividade Agroindustrial

Durante a extração de azeite são gerados volumes consideráveis de resíduos/subprodutos que podem ter impacte em ambientes aquáticos e terrestres, devido à sua elevada carga orgânica e fito-toxicidade (Tekerekopoulou *et al.*, 2017).

A cada tipo de extração de azeite estão associados diferentes quantitativos de resíduos, tal como se pode ver na Quadro 5.

Quadro 5 - Balanço de massa aproximado dos diversos sistemas de produção de Azeite (Doula et al., 2017).

Processo de produção	Input	Output
Tradicional	1 tonelada de Azeitonas	200 kg de Azeite
	0,1 - 0,12 m ³ de Água para lavagem de azeitona	200 - 400 kg de bagaço (cerca de 25% água e 6% de óleo)
	10 L de Água para clarificar o Azeite	
	40 - 60 kWh de Energia	400 - 600 kg de Águas Ruças (88% água e óleo e sólidos)
3-Fases	1 tonelada de Azeitonas	200 kg de Azeite
	0,1 - 0,12 m ³ de Água para lavagem de azeitona	500 - 600 kg de bagaço (cerca de 50% água e 4% de óleo)
	0,5 - 1 m ³ Água para o decantador centrífugo	
	10 L de Água para clarificar o Azeite	1000 - 1200 kg de Águas Ruças (94% água e 1% óleo e sólidos)
	90 - 117 kWh de Energia	
2-Fases	1 tonelada de Azeitonas	200 kg de Azeite
	0,1 - 0,12 m ³ de Água para lavagem de azeitona	800 - 950 kg de bagaço (cerca de 60% água e 3% de óleo)
	10 L de Água para clarificar o Azeite	85 - 110 kg de Águas Ruças
	90 - 117 kWh de Energia	

A quantidade de resíduos sólidos provenientes da limpeza das azeitonas, **folhas de oliveira**, antes do processamento é limitada e de forma geral a sua gestão não representa qualquer tipo de problema (Souilem et al., 2017). No lagar, as folhas são geralmente removidas através de uma máquina de sopro (Negro et al., 2017) e a sua quantidade não representa muito mais do que 5% do peso das azeitonas para a extração de azeite (Fokaidis, 2017; Souilem et al., 2017).

O **bagaço de azeitona** é o resíduo/subproduto principal em qualquer dos sistemas de processamento e é constituído por caroços de azeitona triturados e todo o material proveniente dos frutos, excepto o azeite (Berbel & Posadillo, 2018; Romero-García et al., 2014). O bagaço de azeitona constitui a principal preocupação ambiental na indústria de azeite. Cada método de extração gera um bagaço com características diferentes (Quadro 6),

mas todos contêm algum azeite residual que pode ser extraído, obtendo-se o óleo de bagaço e bagaço de azeitona extratado.

Quadro 6 - Composição dos diferentes tipos de bagaço de extração de azeite em função dos métodos de extração. Adaptado de Souilem *et al.*, 2017.

Parâmetros (%)	Prensa Tradicional	Processo 3-fases	Processo 2-fases
Humidade	27,2 ± 1,048	50,23 ± 1,935	56,8 ± 2,188
Gordura e óleos	8,72 ± 3,254	3,89 ± 1,449	4,65 ± 1,736
Açúcares totais	1,38 ± 0,016	0,99 ± 0,012	0,83 ± 0,01
Celulose	24,1 ± 0,283	17,37 ± 0,203	14,54 ± 0,170
Hemicelulose	11,0 ± 0,608	7,92 ± 0,438	6,63 ± 0,366
Lenhina	14,1 ± 0,291	10,21 ± 0,209	8,54 ± 0,175
Azoto Kjendahl	0,71 ± 0,010	0,51 ± 0,007	0,43 ± 0,006
Fósforo como P ₂ O ₅	0,07 ± 0,005	0,05 ± 0,004	0,04 ± 0,003
Carbono total	42,9 ± 3,424	29,03 ± 2,317	25,37 ± 2,025

O bagaço de azeitona húmido, proveniente da extração por centrifugação em 2-fases, é um resíduo sólido com um odor forte e uma textura pastosa, semissólida, formado por restos de polpa e caroço esmagado da azeitona. Apresenta pouca porosidade total e é muito húmido, entre os 55% e os 75%, que dificulta a sua gestão e transporte. Possui um elevado teor de matéria orgânica, em média acima dos 90%, elevada relação C/N, um teor de gordura de 3 a 9% e quantidades relativamente abundantes de lenhina, celulose e hemicelulose. Normalmente, o bagaço sofre secagem ao ar (sob condições atmosféricas) e posteriormente efetua-se a extração do óleo de bagaço através de solventes (Moreira, 2021; Souilem *et al.*, 2017).

Os **caroços de azeitona**, que representam cerca de 10% do peso das azeitonas (Romero-García *et al.*, 2014), são recuperados depois da extração de azeite. Nesse caso os caroços costumam ficar fragmentados e são recuperados na forma de pequenas partículas (Romero-García *et al.*, 2014). O bagaço obtido nos lagares é centrifugado nas unidades de extração de óleo de bagaço para separar os caroços da polpa de azeitona, antes da extração de óleo de bagaço (Miranda *et al.*, 2019).

Segundo Negro *et al.* (2017) e Romero-García *et al.* (2014), os principais componentes dos caroços de azeitona são celulose, hemicelulose e lenhina e os seus teores estão apresentados na Quadro 7.

Quadro 7 - Composição química dos principais componentes de interesse dos caroços de azeitona. Adaptado de Negro *et al.*, 2017.

Tipo de Material	% na matéria seca		
	Celulose	Hemicelulose	Lenhina
Caroços de Azeitona	28,1 - 40,4	18,5 - 32,2	25,3 - 27,2

2.3.4 Valorização dos subprodutos da fileira oleícola

Tanto a cultura de Olival como a indústria de produção de Azeite produzem grandes quantidades de subprodutos, para os países mediterrânicos, os subprodutos da produção de azeite constituem um problema ambiental relevante.

Segundo Doula *et al.* (2017), não existindo legislação europeia que regule a gestão de resíduos da produção de azeite, cabe aos estados-membros a definição individual das condições para uma destruição em segurança, valores limite para recetores destes resíduos e ainda os parâmetros físico-químicos para resíduos tratados. Além disso, apenas Portugal e Itália definiram o bagaço como não sendo um resíduo perigoso, não existe legislação nos outros estados-membros.

Têm sido propostas inúmeras soluções para os resíduos resultantes da produção de azeite, por exemplo para a valorização bagaço pode recorrer-se a compostagem e aplicação ao solo; utilizar na alimentação animal; para produção de metano por digestão anaeróbia; para produção de carvão vegetal, etc. Porém, até à data, nenhuma destas soluções apresentou a viabilidade económica necessária para a sua disseminação (Abu Tayeh *et al.*, 2020).

A seleção da melhor estratégia de valorização com vista a sustentabilidade da solução a longo-prazo depende do ambiente social, agrícola ou industrial da produção de azeite.

Para melhorar a viabilidade económica das soluções de valorização, uma vez que as biomassas da fileira oleícola têm uma composição rica em compostos de interesse (Doula *et al.*, 2017; Souilem *et al.*, 2017), podem ser convertida em vários tipos de produtos de valor acrescentado, hierarquizados na Figura 26 (Berbel e Posadillo, 2018). Um aspeto que é importante ter em conta é que produtos com maior valor acrescentado sofrem menores pressões sobre as necessidades de volume de biomassa, tal como se observa na Figura 26.

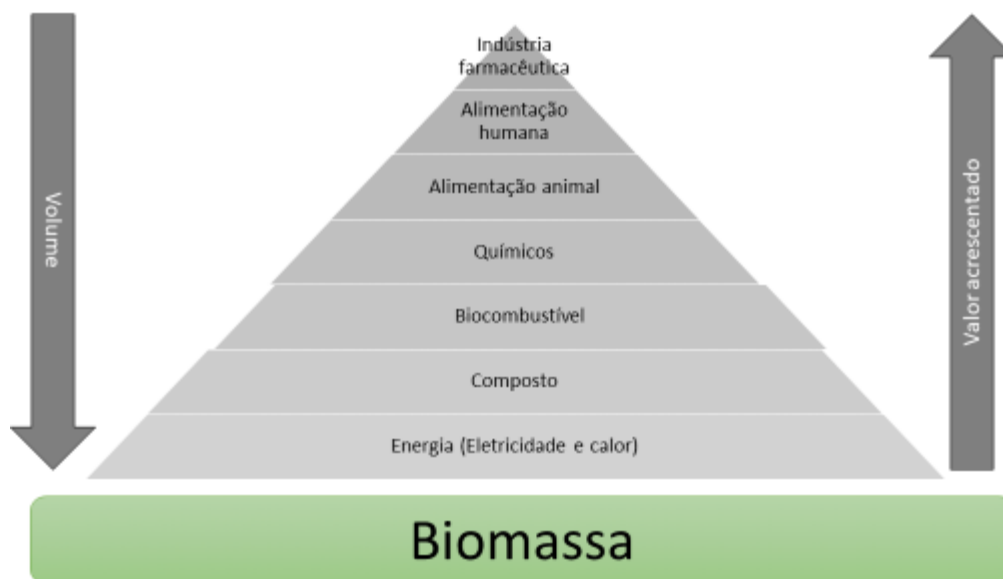


Figura 26 - Pirâmide do acréscimo de valor na valorização de biomassa. Adaptado de Berbel & Posadillo, 2018.

Segundo Negro *et al.* (2017), a grande generalidade dos processos bioquímicos envolvidos na valorização de biomassa baseiam-se no fracionamento e hidrólise dos polímeros (lenhina e hidratos de carbono) em oligossacáridos ou monómeros que a jusante serão convertidos numa ampla variedade de produtos.

Os resíduos agrícolas gerados como desperdício durante e após o processamento das culturas agrícolas são uma importante fonte de biomassa lenhocelulósica renovável, disponível em quantidades significativas na natureza, para valorização energética (por exemplo, produção de bioetanol) (J. K. Saini *et al.*, 2015). No entanto, apesar de a valorização energética ser uma das soluções que contribuirá para criar valor no sector, a sua eficiência é demasiado baixa e apresenta rentabilidade reduzida relativamente à produção de eletricidade tornando esta opção ainda pouco viável. Assim, a estratégia passará por descarbonizar os consumos térmicos existentes e promover a eficiência energética, nomeadamente através da promoção da instalação descentralizada de pequenas centrais térmicas a biomassa, de menor dimensão, de forma a retirar pressão em termos de disponibilidade de biomassa (APA, 2019). Ao nível da fileira oleícola, é comum fazer-se a combustão direta de alguns dos subprodutos gerados, mas esta prática tem o inconveniente de emitir GEE tais como CO_2 ou CH_4 (Fokaidis, 2017; Malode *et al.*, 2021). Por este motivo, têm sido estudadas vias de valorização alternativas.

A biomassa proveniente das podas de olival contém uma quantidade significativa de celulose, hemicelulose e lenhina, o que a permite considerar um recurso importante de energia e compostos químicos, podendo ser processada por biorrefinarias. Os resíduos sólidos da conversão de lenhas de poda de oliveira em bioetanol, à escala laboratorial, revelaram uma

composição de 68 – 74% de lenhina. O alto teor de lenhina resulta no alto valor calorífico, cerca de 22,4 MJ/kg, revelando-se uma ótima fonte de energia verde (Negro *et al.*, 2017).

No que se refere aos bagaços, todos são ricos em celulose e hemicelulose o que sugere que estes podem ser usados como matéria-prima para produção de bioetanol (Abu Tayeh *et al.*, 2020). Estas biomassas já vêm pré-esmagadas, como parte integrante do processo de produção de azeite, o que é favorável por exigir menor intensidade de pré-tratamento mecânico. Segundo Abu Tayeh *et al.* (2020), a eficiência de conversão revelou-se bastante baixa, pois existe uma inibição da enzima celulase na presença de lenhina, tornando a sacarificação ineficiente. De facto, segundo Contreras *et al.* (2020), o bagaço de azeitona por extração tradicional de azeite poderá ter um rendimento em etanol de cerca de 8%. No entanto, a lenhina pode ser removida através de pré-tratamentos melhorando-se esta eficiência.

Os caroços de azeitona continuam a ser usados em caldeiras domésticas ou em grandes instalações industriais de cogeração pela sua grande capacidade calorífica, porém estão a ser investigadas novas aplicações. Uma das principais vantagens é o seu baixo custo e a alta capacidade absorvente de CO_2 . Também podem ser usados para preparar carvão ativado (Romero-García *et al.*, 2014).

No que se refere à produção de bioetanol, segundo Miranda *et al.* (2019), para o bagaço consegue-se uma extração mais eficiente dos açúcares fermentescíveis, mas os caroços por terem elevado teor de lenhina podem ter um rendimento em etanol superior, 5 – 25% (Contreras *et al.*, 2020).

Além dos hidratos de carbono estruturais (celulose e hemicelulose) e lenhina, estes subprodutos contêm outros componentes não-estruturais que extraídos antes do processo de conversão dos componentes estruturais, contribuem para a viabilidade económica de uma possível biorrefinaria (Negro *et al.*, 2017).

A produção de subprodutos valorizáveis, tais como xilitol ou oligossacáridos em conjunto com a produção de bioetanol a partir de subprodutos da produção de azeitona e azeite poderá contribuir consideravelmente para impulsionar a viabilidade económica do etanol de segunda geração, aplicando-se o conceito de biorrefinaria (Negro *et al.*, 2017).

Há estudos tecno-económicos que demonstram que materiais como a lenha de poda de oliveira e caroços de azeitona permitem produzir bioetanol com um custo de produção da ordem de 0,9 – 2,5 €/L, dependendo do cenário considerado e dos outros produtos produzidos (Contreras *et al.*, 2020). A conversão em bioetanol também poderá ser favorável na mitigação da mudança climática, através da redução de emissões de GEE, nomeadamente CO_2 , assim como diminuir a dependência de combustíveis fósseis (R. Saini, Hegde, Brar, & Vezina, 2020).

Atualmente existe um plano para a valorização de subprodutos agrícolas e agroindustriais na região da ZIA, denominado Projeto URSA – Unidades de Recirculação de Subprodutos de Alqueva (EDIA *et al.*, 2020).

A exploração contínua e intensiva das terras levaram a um desequilíbrio na composição do solo, ao seu esgotamento e à perda de matéria orgânica. A análise efetuada aos solos da área de regadio de Alqueva revelou zonas com teores de matéria orgânica muito inferiores a valores típicos de um solo equilibrado. De facto, das práticas conservacionistas efetuadas pelos agricultores tais como a distribuição dos subprodutos à superfície do solo ou enterramento dos “resíduos” orgânicos não revelaram estar a contribuir para o aumento do teor de matéria orgânica do solo. Ainda assim, a rama triturada deixada sobre o solo (nas entrelinhas do olival) tem ajudado a reduzir a suscetibilidade do solo à erosão hídrica e à evaporação excessiva à superfície (Catita, 2021).

Na região de Alqueva são produzidos anualmente cerca de 500 000 toneladas de subprodutos agrícolas ou agroindustriais. A valorização orgânica destes subprodutos através da produção do composto para fertilização (húmus), ajuda a melhorar a quantidade de matéria orgânica no solo, a reduzir a erosão, a reduzir as necessidades de rega e a promover sequestro de carbono, contribuindo para o controlo dos efeitos das alterações climáticas, melhorando o desempenho ambiental das zonas de produção agrícola (Catita, 2021).

A génese do projeto URSA passa pela criação de unidades que aceitam os diversos subprodutos entregues pelos produtores – desde o bagaço de azeitona às podas das oliveiras, entre outros – e os transformam em “fertilizante” orgânico através de compostagem para mais tarde ser entregue aos produtores. **O conceito assenta na valorização dos subprodutos de forma a ajudar a reabilitar o solo, contribuindo positivamente para terrenos saudáveis e férteis.** Mais, como o solo é um dos grandes reservatórios de carbono do planeta, o seu teor de matéria orgânica tem um papel fundamental na mitigação dos efeitos das alterações climáticas (Catita, 2021).

O projeto URSA ao prestar um serviço de valorização dos subprodutos favorece a melhoria da qualidade dos recursos a montante e a jusante das explorações agrícolas.

Segundo Catita (2021) os objetivos do projeto URSA passam por:

- Reabilitar o solo como suporte agrícola e como barreira filtrante;
- Favorecer o uso eficiente de água e nutrientes;
- Reduzir a necessidade de fertilizantes minerais;
- Promover a coesão do solo, reduzindo a vulnerabilidade à erosão e à desertificação;
- Utilizar de forma circular e conservativa os subprodutos orgânicos da região;
- Melhorar a qualidade da água.

- Promover a vida do solo, regeneradora de fertilidade e potenciador de sanidade vegetal.
- Aumentar o sequestro de carbono no solo, por oposição à queima de resíduos, com redução da emissão de GEE.

O Projeto URSA foi apresentado em 2014 e deu-se o seu arranque 2017 apoiado pelo fundo ambiental, nomeadamente no âmbito da transição para economia circular. Em 2019 foi criada a 1ª unidade URSA, uma unidade experimental na herdade da Abóboda, com gestão integral da EDIA, que tem produzido anualmente cerca 600 toneladas de composto. O modelo testado em Alqueva permite a valorização das várias atividades, das quais se destacam no sector agrícola e agroindustrial: rama de poda e folhas de oliveira e bagaços de azeitona após extração, permitindo a recuperação de nutrientes, mas evitando efeitos negativos da aplicação direta ao solo (Catita, 2021). Segundo Souilem *et al.* (2017), a aplicação de resíduos sólidos de lagar após compostagem permitiu uma melhoria nas propriedades físico-químicas do solo, mais especificamente no incremento de elementos como cálcio, magnésio, azoto, potássio e fósforo.

Estava inicialmente previsto a criação de 12 unidades similares, para que a distância máxima entre explorações e unidades não ultrapassasse os 10 km.

Em 2021, a EDIA propôs a diversas entidades agroindustriais a criação de unidades mais pequenas, que funcionariam dentro das respetivas propriedades. Foram estabelecidas 18 protocolos de colaboração que poderão dar lugar a 18 unidades de compostagem (Catita, 2021).

No contexto do Plano de Recuperação e Resiliência, em 2021, a equipa do projeto URSA candidatou a ampliação da unidade de Serpa e a criação de uma unidade URSA em Pegões e em Mirandela, para divulgação demonstrativa do processo de valorização orgânica noutras regiões do país (Catita, 2021).

3. Materiais e Métodos

3.1 Caso de Estudo - Zona de Intervenção de Alqueva (ZIA)

Em tempos o Alentejo rural esteve em risco de desertificação humana. As difíceis condições em que se vivia levaram à migração dos habitantes para cidades, litoral e para o estrangeiro. A distribuição irregular da chuva, não só durante o ano como também entre anos sucessivos, chegando a atingir períodos de seca de 4 e 5 anos, intensificavam os problemas de carência de recursos hídricos para a satisfação do consumo humano e uso na agricultura. O que justifica a necessidade e a importância do aprovisionamento e construção de infraestruturas de armazenamento de água. Com a implementação do projeto de Alqueva, foram construídas

barragens na região, garantindo o aprovisionamento de água para variadas utilizações: consumo das populações, fonte hidroelétrica e para utilização agrícola. Com o desenvolvimento do regadio surgiu uma solução capaz de inverter a tendência de desertificação, permitindo valorizar os recursos naturais da região apoiado no desenvolvimento da agricultura (INE, 1995).

A construção do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA) levou, sem dúvida, a grandes alterações socioeconómicas. Principalmente no perímetro de rega de Alqueva que tem a sua 1ª fase concluída e é composto por 120 000 hectares regados (EDIA, 2020).

Segundo EDIA (2020), em 2020 foram inscritos 68.346 ha de olival nos aproveitamentos hidroagrícolas do Empreendimento Fins Múltiplos do Alqueva.

A oliveira é a cultura mais importante nas áreas da bacia Mediterrânica (Miranda *et al.*, 2019) o que se comprova em Alqueva, não só pela área que ocupa como pelo desenvolvimento tecnológico, económico e social que importou para a região. Devido à localização de Alqueva, em plena região mediterrânica, apresenta excelentes condições edafoclimáticas para a realização da cultura. Sendo a região considerada, a nível mundial, como uma das áreas do mundo onde a cultura se realiza com maior aplicação de tecnologia (EDIA *et al.*, 2020).

Com o início da construção do Empreendimento Fins Múltiplos de Alqueva, surgiu a garantia de água nesta região. Nos primeiros anos, deu-se a instalação de milhares de hectares de olival em sistemas de regadio. A evolução da cultura de olival em Alqueva tem sido dinâmica, ora surgiu uma grande implantação no início, ora diminui no período 2012-2014 com a valorização dos preços dos cereais, em especial o milho. Após este período ocorreu uma subida no preço do azeite e isso estimulou a instalação de mais área de olival. Mais recentemente, com a valorização da amêndoa tem-se notado uma diminuição no aumento da instalação de olival e até ocorrerem casos em que se substituiu a cultura de olival pela de amendoal. Assim como a grande instalação de olival novo, está maioritariamente associada à substituição de olival tradicional (EDIA *et al.*, 2020). O preço do azeite tem sido decisivo para a rentabilidade deste setor o que consequentemente afeta a expansão do olival. De salientar que as áreas mais importantes para a cultura do olival na região de Alqueva ficam nos concelhos de Beja, Ferreira do Alentejo e Serpa. É aqui que se encontra tanto a maior concentração de lagares como a maior área de olival plantado (EDIA *et al.*, 2020).

O desenvolvimento da fileira oleícola em Alqueva apresenta um impacto socioeconómico evidente na região. Com efeito, este impacto sente-se, quer nas zonas rurais quer nas zonas urbanas, o que se traduz em postos de trabalho, criação de riqueza quer pela produção agrícola quer pela produção industrial, assim como em atividades a montante e a jusante destas (EDIA *et al.*, 2020).

A predominância desta cultura na região tem a ver não só com a aptidão agronómica, mas pelo facto de existirem grandes *players* do setor na região, tais como: explorações agrícolas

bem dimensionadas, capacidade de transformação, circuitos comerciais mas também por apresentar rentabilidades superiores (EDIA *et al.*, 2020). A área de olival em Alqueva insere-se fundamentalmente em explorações agrícolas de grande dimensão e de média grande dimensão. Este facto é justificado pela necessidade da obtenção de escala com vista a redução de custos de produção e mecanização. Esta junção de fatores veio criar não só uma zona altamente especializada em volta do perímetro de rega de Alqueva, assim como na área envolvente que, apesar de não beneficiar do aproveitamento hidroagrícola, tem vantagem do ponto vista geográfico e pode aproveitar deste conjunto de fatores que torna a área de influência de Alqueva distinta.

Esta área favorecida geograficamente pode ser denominada **Zona de Intervenção de Alqueva (ZIA)**, Figura 27, e é definida pela área de influência de Empreendimento de Fins



Figura 27 - Zona de Intervenção de Alqueva. Adaptado de: «Atlas Rural da Zona de Intervenção de Alqueva»

Múltiplos de Alqueva, tem uma área aproximada de 900 000 hectares e envolve os concelhos de Alandroal, Aljustrel, Alvito, Barrancos, Beja, Cuba, Ferreira do Alentejo, Mourão, Portel, Reguengos de Monsaraz, Serpa, Viana do Alentejo e Vidigueira. Abrangendo as seguintes Freguesias: Torrão (concelho de Alcácer do Sal), Ajuda, Salvador e Santo Idefonso (concelho de Elvas), Bacelo, Canaviais, Santo Antão, São Mamede, Horta das Figueiras, Malagueira, Nossa Senhora da Tourega, Nossa Senhora de Machede, São Manços, São Vicente do Pigeiro, Sé e São Pedro, Senhora da Saúde e Torre de Coelheiros (concelho de Évora), Azinheira dos Barros e São Mamede do Sádão (concelho de Grândola), Amareleja, Moura Santo Agostinho, São João Baptista, Póvoa de São Miguel, Safara, Santo Amador e Sobral da Adiça (concelho de Moura), e Alvalade e Ermidas-Sado (concelho de Santiago do Cacém) (EDIA, 2020; Silva *et al.*, 2005).

Tradicionalmente, a agricultura do Alentejo era desenvolvida de forma extensiva, em sistemas de sequeiro, apresentando baixos rendimentos por hectare e assente na grande propriedade e na grande exploração. Predominavam as áreas de cereal, pecuária em pastoreio, pousio, olival e montado, a par de pequenas hortas e campos destinados a autoconsumo em volta das povoações (EDIA, 2019).

Atualmente tem-se assistido a uma tendência de evolução por parte das culturas permanentes, nomeadamente a cultura do olival e do amendoal (EDIA, 2020). Existem perto de 8700 explorações com atividade ligada à olivicultura no qual se exprime cerca de 128 000 ha (INE, 2021c, 2021a).

Segundo (Catita, 2021) na região de Alqueva são produzidos cerca de 500 000 toneladas/ano de subprodutos agrícolas e agroindustriais. É de notar a vasta oferta de informação atualizada no que toca ao perímetro de rega de Alqueva, contrariamente ao que acontece relativamente à ZIA, desta forma não é possível fazer uma caracterização mais detalhada desta área.

O desenvolvimento do olival nesta região torna-a ímpar no sector oleícola a nível mundial. Por este motivo, deve avaliar-se quais as práticas operacionais nesta região e quais os aproveitamentos dados aos subprodutos gerados. Há que estudar o potencial de valorização destes subprodutos, sendo a produção de bioetanol uma via que importa considerar.

3.2 Elaboração e aplicação de Inquéritos

No âmbito deste trabalho, foram elaborados dois inquéritos que foram aplicados a olivicultores e lagares inseridos na ZIA. O objetivo destes inquéritos foi o de estabelecer relações ou tendências a nível global e municipal, assim como avaliar a disponibilidade dos subprodutos como matéria-prima e perceber qual a aceitação/motivação do sector agrícola e agroindustrial da fileira oleícola para a produção de bioetanol 2G.

As perguntas elaboradas foram maioritariamente de resposta fechada, construídas de modo a serem concisas, de resposta rápida, com um vocabulário simples e perceptível para qualquer

leitor. O processo de inquirição foi realizado *online* utilizando a aplicação *Google forms*, em formato interativo, para que cada inquirido fosse conduzido apenas para as perguntas da sua área, por forma a não haver perguntas desnecessárias ou mal aplicadas.

A caracterização da população inquirida foi feita para perceber que tipo de agricultores e de lagares estavam a responder ao inquérito, de forma a perceber se poderia ter influência nas respostas.

Procurou-se definir os concelhos com maior concentração de subprodutos lenhocelulósicos, como forma de avaliar as zonas com maior potencial de matéria-prima para a produção de bioetanol 2G a partir de subprodutos de olival e lagar.

As questões colocadas nos inquéritos permitiram recolher informação para caracterizar a população inquirida, caracterizar as práticas de produção e dados quantitativos de produção de azeitona/azeite e de subprodutos nestes dois sectores da região especificada.

Foi decidido pela realização de dois inquéritos de forma a não sobrecarregar o público-alvo, sendo que, coube ao primeiro inquérito o levantamento dos dados considerados de maior importância.

O primeiro inquérito, anexo 8.1, aplicado visou caracterizar a fileira relativamente a sistemas de produção, objetivo da produção, património genético e densidades populacionais; recolher dados quantitativos da última campanha em termos de produção e subprodutos; definir e caracterizar as operações de poda e colheita nesta região.

O segundo inquérito, anexo 8.2, teve o objetivo de compilar informação mais específica e pormenorizada, nomeadamente: quantitativos de produções e subprodutos das quatro campanhas passadas; inquirir opiniões práticas sobre características do olival e lagar; e realizar uma sondagem de aceitação/motivação para a produção de bioetanol 2G.

Recorrendo a associações do sector, redes profissionais e contactos pessoais fez-se a compilação de contactos, tanto de olivicultores como de lagares, para aplicação dos inquéritos.

Numa primeira fase, estabeleceu-se contacto por correio eletrónico para envio do *link* para o primeiro inquérito. Posteriormente, contactou-se os não respondentes por via telefónica de modo a reforçar o pedido de colaboração no estudo. Ao todo foram realizados 95 contactos, 46 a olivicultores e 49 a lagares. Depois de ser encerrada a fase de inquéritos realizou-se novamente contacto telefónico com os inquiridos de modo a confirmar os valores dos quantitativos recolhidos.

A informação recolhida, através da aplicação *Google forms*, foi exportada para uma folha de cálculo para ser devidamente interpretada e tratada. Utilizou-se o Excel 2013 do sistema Microsoft Office 2013. A análise dos dados foi feita com recurso a tabelas dinâmicas em formato de contagens e somatórios dos resultados obtidos através dos inquéritos, depois de interpretados.

3.3 Estimativa do potencial de produção de bioetanol

A estimativa do potencial teórico de produção de bioetanol a partir dos subprodutos lenhocelulósicos da cultura de olival e da produção de azeite na ZIA foi realizada com base no estudo de Najafi *et al.* (2021), que avalia a conversão de todos os subprodutos lenhocelulósicos da fileira oleícola (lenha de poda de oliveira, folhas de oliveira, bagaço de azeitona e caroços de azeitona) em bioetanol.

Foram considerados dois cenários possíveis para a produção de bioetanol: um em que o processo produtivo não inclui a etapa de pré-tratamento dos subprodutos (I); e outro em que se maximiza a produção de bioetanol por aplicação de pré-tratamento (II).

Do estudo de Najafi *et al.* (2021) selecionaram-se os resultados do teor de glucano de cada subproduto da fileira oleícola para as condições operacionais dos cenários I e II (Quadro 8).

Quadro 8 - Composição em glucano de cada tipo de subproduto da fileira oleícola para os cenários I e II, adaptado de Najafi *et al.* (2021).

Subproduto	Cenário	Glucano
		%
Folhas de Oliveira	I	54,7%
	II	48,9%
Lenha de Poda	I	32,6%
	II	47,6%
Caroços de Azeitona	I	38,5%
	II	62,8%
Bagaço de Azeitona	I	40,4%
	II	48,3%

Com base nos dados da Quadro 8 e através da Equação 1, calculou-se a concentração de bioetanol obtido pela conversão de 100 gramas de cada subproduto e fez-se a conversão para unidades de volume, através da massa volúmica do etanol (789 g/L).

$$Eficiência\ conversão\ Bioetanol\ (\%) = \frac{C_{Bioetanol} \left(\frac{g}{L}\right)}{Glucano\ (\%)*C_s \left(\frac{g}{L}\right)*F_{Glucano-Glucose}*Y_e} \quad (Eq.1)$$

C_s - Concentração de substrato em solução no início da reação, foi de 50 g/L para todas as biomassas;

$C_{Bioetanol}$ - Concentração de bioetanol (g/L) em solução no final da reação;

$F_{Glucano-Glucose}$ - Índice teórico de conversão de glucano em glucose (1,11);

Y_e - Índice teórico de conversão de glucose em bioetanol (0,51).

Na Quadro 9 apresentam-se os resultados da conversão em bioetanol de cada tipo de subproduto para as condições operacionais dos cenários I e II.

Quadro 9 - Resultados da conversão em bioetanol correspondentes às condições operacionais dos cenários I e II para cada tipo de subproduto, adaptado de Najafi et al. (2021).

Subproduto	Cenário	Eficiência de conversão em Bioetanol
		%
Folhas de Oliveira	I	52
	II	56
Lenha de Poda	I	35
	II	83
Caroços de Azeitona	I	28
	II	61
Bagaço de Azeitona	I	35
	II	69

Para a estimativa do potencial teórico de produção de bioetanol a partir dos subprodutos gerados pela fileira oleícola na ZIA (m^3 bioetanol/t biomassa seca), aplicou-se o rendimento em bioetanol de cada subproduto para os cenários I e II (Quadro 9), à informação dos quantitativos de cada subproduto gerado recolhida no inquérito I, corrigido para matéria seca (Quadro 11). Para a correção dos quantitativos da biomassa para base seca foram considerados os teores de humidade de 40%, 35%, 65% e 15%, respetivamente para a lenha de poda, folhas de oliveira, bagaço de azeitona e caroços de azeitona.

4. Resultados e Discussão

4.1. Inquérito I

No sentido de se poder efetuar a estimativa do potencial teórico de produção de bioetanol da ZIA, houve necessidade de recolher um conjunto de dados quantitativos relativos à produção de subprodutos da fileira. No entanto, surgiram bastantes obstáculos à obtenção desses dados junto de entidades competentes, por uma questão de confidencialidade, tendo sido necessário realizar inquéritos aos produtores e agroindustriais. Uma vez que o desenvolvimento da dissertação coincidiu com um dos períodos de confinamento pela *Covid-19*, a aplicação dos inquéritos teve que ser efetuada em formato *online*. Este facto pode ter influenciado negativamente o número de respostas obtidas.

Sector Agrícola

Das 47 respostas ao inquérito I, 31 destas foram respeitantes ao sector agrícola. As Figura 28 a Figura 34 pretendem caracterizar o universo estudado.

Segundo INE (2021a), existem 8661 explorações compostas por olival na ZIA, Figura 28, que se traduzem segundo INE (2021c) em 127981 ha, Figura 29.

Das 8661 explorações foram abordadas 53 explorações, Figura 28, o que corresponde a 0,53% de amostra de contactos feitos. Das 53 explorações contactadas, apenas 31 realizaram o inquérito I, correspondendo a uma amostragem através do inquérito de 0,36% do total de explorações. Em relação aos 127981 ha de olival existente na zona de intervenção de Alqueva, através dos 31 inquéritos foi possível retirar informação relativa a 25780 ha, o que corresponde a cerca de 20% da área de olival existente na ZIA, Figura 29. Apesar de o número de respondentes ser baixo a área que estes englobam é relativamente representativa. É de destacar, que foi possível recolher respostas dos diferentes sistemas de produção, ainda que um maior número corresponda ao olival em vaso (Figura 30).



Figura 28 - Dados relativos número de explorações dedicadas a olivicultura na ZIA, segundo INE (2021a).

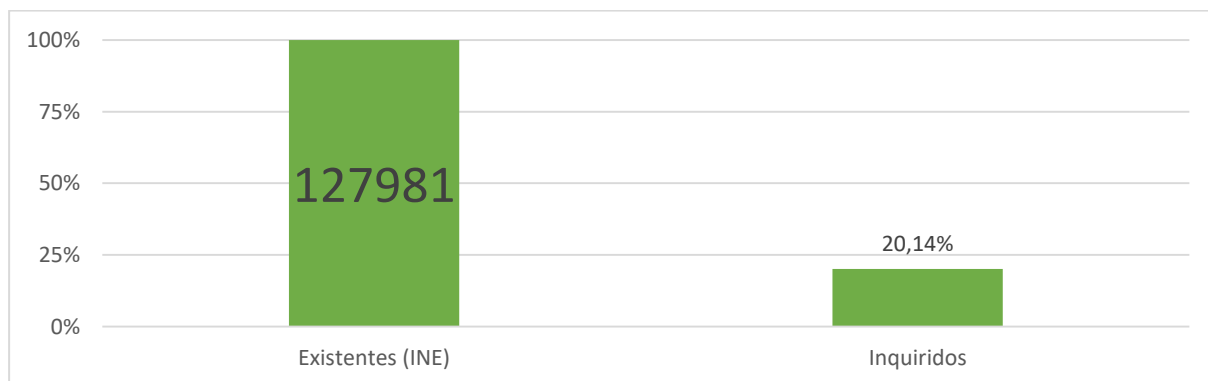


Figura 29 - Dados relativos à superfície agrícola dedicada a olivicultura na ZIA, segundo INE (2021c).

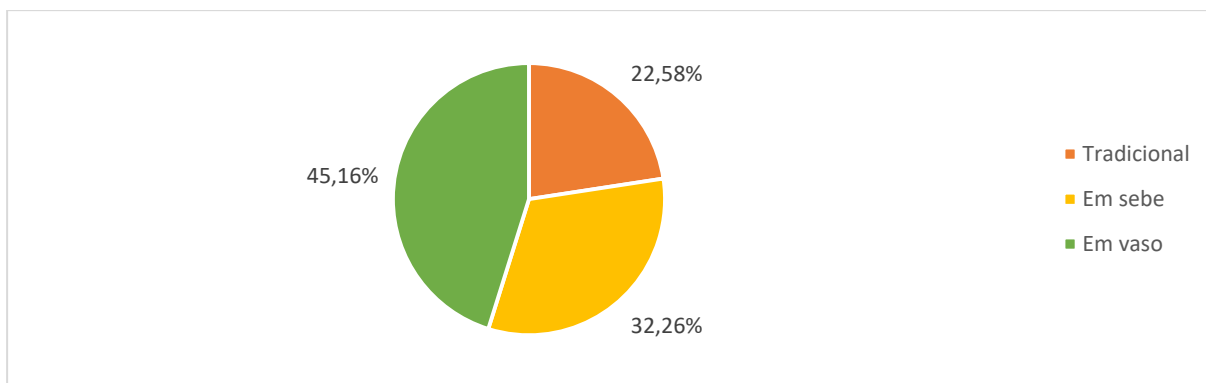


Figura 30 - Sistemas de produção do sector agrícola, inquérito I.

A maioria dos inquiridos na sua atividade agrícola não produz exclusivamente azeitona (Figura 31). A totalidade dos respondentes produzem azeitona para produção de azeite, sendo que cerca de 16% também produzem azeitona de mesa, e não houve inquiridos que produzissem azeitona exclusivamente para azeitona de mesa (Figura 32). Assim, há maior potencial de aproveitamento dos subprodutos visto que a atividade agroindustrial tem uma maior produção de subprodutos. Mais, não estando as explorações agrícolas totalmente dependentes da olivicultura, outras atividades rurais podem ser adaptadas ou convertidas para uso de bioetanol, como por exemplo, geradores elétricos alimentados por gasolina misturada com alto teor de bioetanol ou mesmo 100% de bioetanol. É de frisar que estas práticas diminuirão as necessidades em combustíveis fósseis.

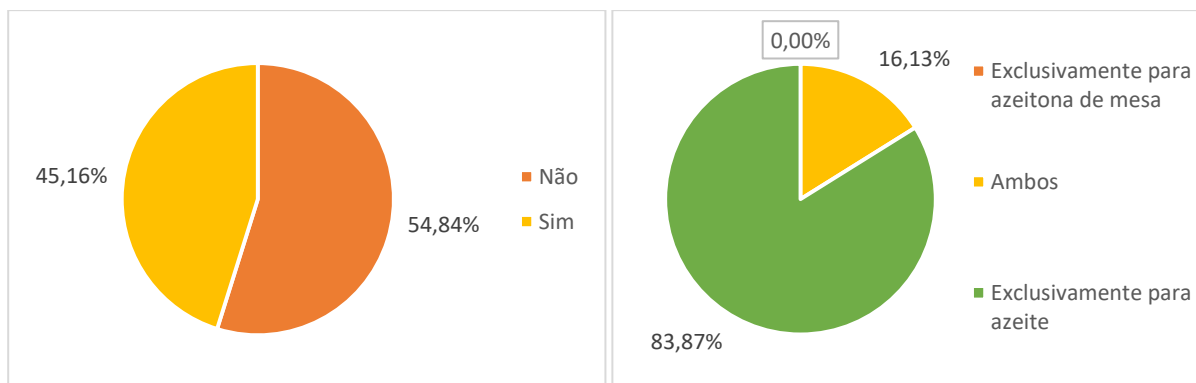


Figura 31 – Exclusividade da exploração na produção de azeitona, no inquérito I.

Figura 32 - Objetivo de produção do sector agrícola no inquérito I.

As respostas recebidas correspondem a explorações situadas em diversos concelhos da ZIA, podendo destacar-se o elevado número de respostas do concelho de Beja e Serpa, representando cerca de 58% das respostas (Figura 33). A área agrícola abrangida; Figura 34; pelo universo de respondentes é reduzida face à área total, notando-se um maior contributo

por parte do concelho de Beja e Ferreira do Alentejo comparativamente aos restantes municípios.

Estes valores estão na maioria de em conta a bibliografia à exceção de Ferreira do Alentejo, EDIA (2020) refere que os concelhos com maior expressão na fileira oleícola são Beja, Serpa e Ferreira do Alentejo.

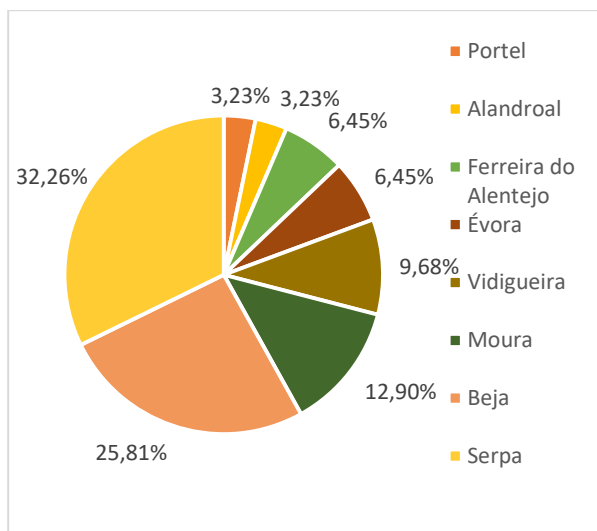


Figura 33 - Município de proveniência dos produtores inquiridos no inquérito I.

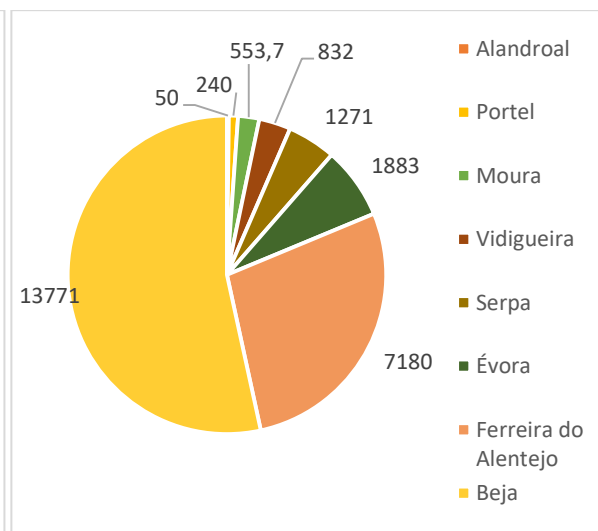


Figura 34 - Área total (ha) do setor agrícola de cada concelho que respondeu ao Inquérito I.

Numa perspetiva de definição dos subprodutos da atividade agrícola da produção de azeitona é importante não só obter os quantitativos de lenha de poda da região de Alqueva, mas também perceber a tipologia e frequência das operações de poda associadas.

Um dos aspetos relevantes é identificar a frequência da operação de poda, já que tem implicações na disponibilidade da biomassa correspondente, tendo cerca de 60% dos agricultores respondido que praticam a poda anualmente (Figura 35).

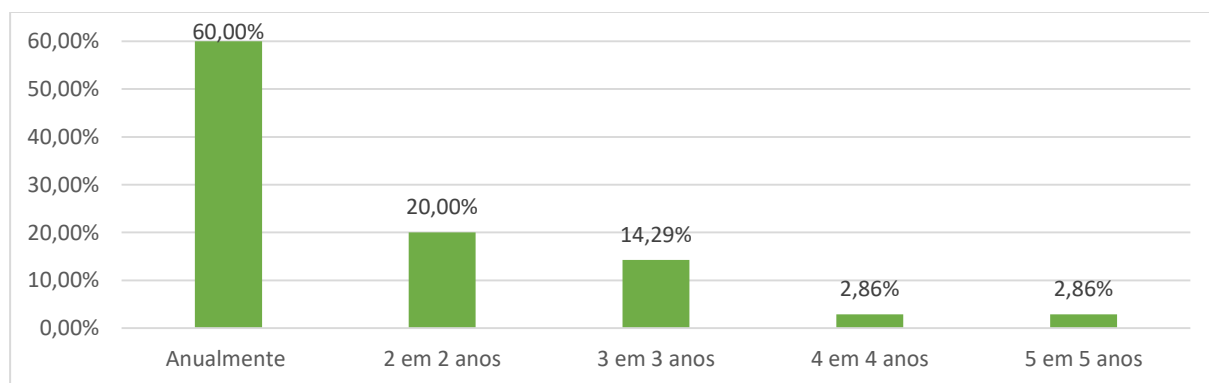


Figura 35 - Frequência da operação de poda, inquérito I.

A grande maioria dos inquiridos, cerca de 90% das respostas (Figura 36), efetua a poda das oliveiras nos três primeiros meses do ano, período sucedâneo à colheita da azeitona. É interessante haver produtores a fazerem podas em pleno ciclo, prática justificada pela redução de área foliar, que permite diminuir as necessidades hídricas da planta assim como diminui a sobreposição foliar, aumentando a eficiência da fotossíntese pela planta. A poda de verão também pode ser justificada pela monda de frutos, conseguindo um aumento de calibre das azeitonas. No caso de olivais em sebe pode ser feita uma poda de verão, fundamentada pelos cortes efetuados depois do período de crescimento vegetativo, conseguindo manter as dimensões desejadas para a utilização da máquina vindimadora de colheita contínua até altura da colheita apesar de se perder uma percentagem da produção.

É de salientar o caso de um inquirido com olival tradicional que, contrariamente à prática comum, efetua uma a duas podas mecânicas durante a primavera (Abril e Maio) com o objetivo de concentrar a sua produção nas abas da oliveira. Como este olival é colhido por um vibrador montado em carregador frontal, e estas oliveiras possuem um diâmetro de tronco superior, esta operação permite aumentar a eficiência da operação de colheita, pelo facto de a produção das oliveiras estar concentrada espacialmente numa zona mais favorável à colheita.

Entende-se que podem ocorrer oscilações significativas na quantidade anual de lenha de poda disponível. Mais, a grande maioria dos produtores podam os olivais nos três primeiros meses do ano (Janeiro, Fevereiro e Março), causando uma concentração da oferta desta biomassa no primeiro trimestre. Dessa forma, num contexto de projeto de uma biorrefinaria, o dimensionamento deverá ter em consideração este aspeto e incluir um espaço dedicado ao armazenamento, bem como a preocupação de poder integrar outros tipos de matéria-prima em anos de escassez de subprodutos provenientes da fileira oleícola.

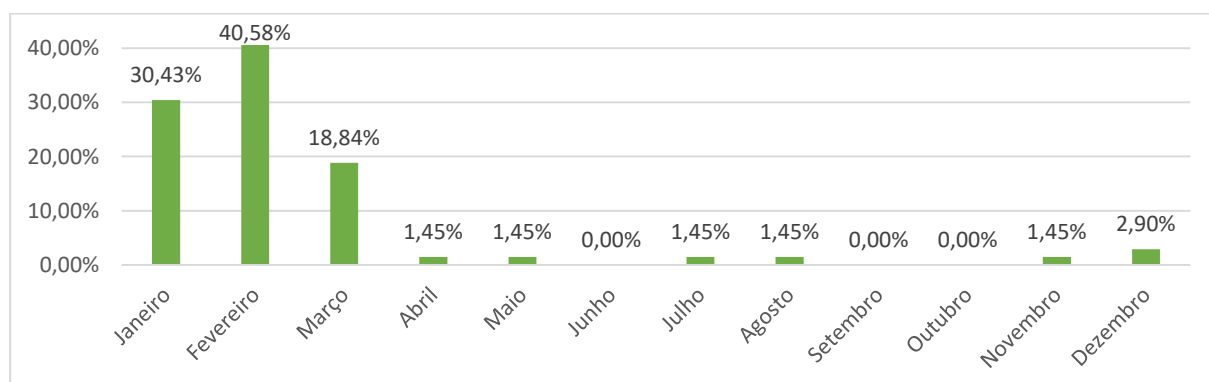


Figura 36 - Sazonalidade da poda, inquérito I.

No que se refere ao tipo de poda, ou seja a intensidade da poda bem como o objetivo final do “molde” da árvore, destaca-se a dominância da poda em abas (Figura 37). Este facto deve-se

ao elevado número de respostas correspondentes ao sistema de produção de olival em vaso e por muitos olivais tradicionais também serem conduzidos desta forma.

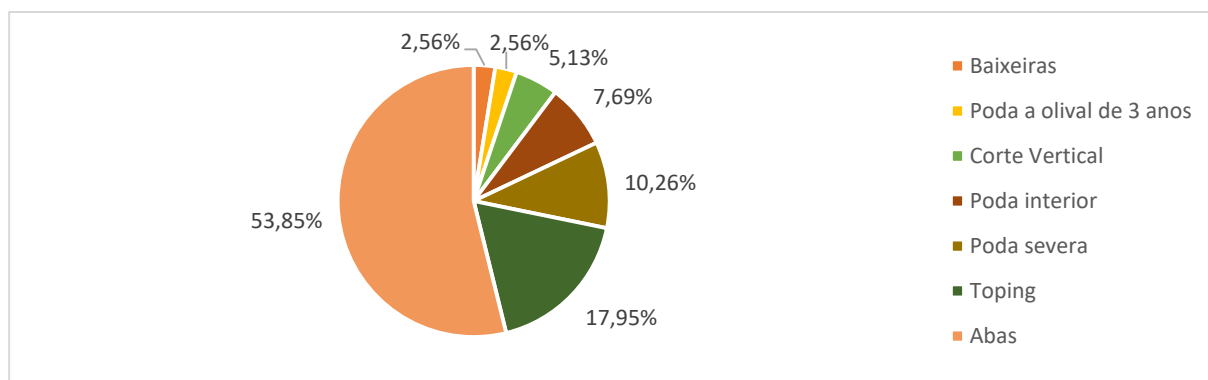


Figura 37 - Tipo de poda, inquérito I.

Em relação ao método de poda, meio como é executada a poda, cerca de 71% dos inquiridos respondeu recorrer apenas a poda manual (Figura 38). Apesar do encargo financeiro ser superior e de haver falta de mão-de-obra agrícola, este tipo de poda é preferido pelos agricultores porque por ser executada por operadores permite a seleção e eliminação dos ramos menos produtivos. Pelo contrário, a poda mecânica em contínuo, fixa um plano de corte e ao passar pela árvore executa uma poda não seletiva. Quanto ao tipo de poda mecânica, todos os agricultores que optam por este tipo de poda, utilizam exclusivamente máquina de podar de discos.

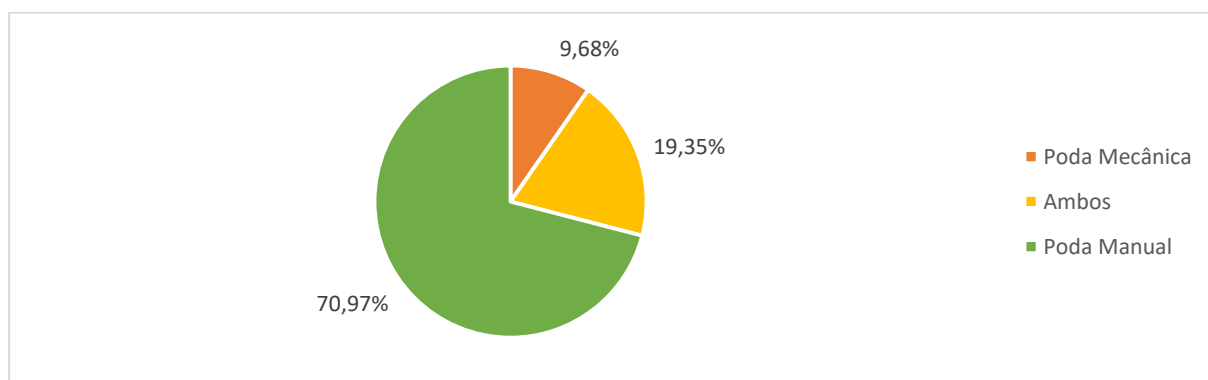


Figura 38 - Método de poda, inquérito I.

Foi também possível diferenciar o tipo de poda manual, em poda exclusivamente manual (ou seja, feita com tesouras de poda, serrote, machado, motosserra, etc.) e poda manual assistida (recorrendo a equipamento de corte). Verificou-se que os agricultores preferem um tipo de poda mais manual (Figura 39).

Dentro da poda manual assistida, Figura 40, observa-se que uma grande percentagem dos agricultores não especificou o tipo de poda preferencial, mas que o segundo tipo de poda mais adotado foi a utilização de motosserra em altura.

A análise destes aspetos leva a crer que as operações de poda na ZIA ocorrem em dois extremos tecnológicos: ou altamente tecnológicas, com auxílio de barras de corte acopladas ao trator ou altamente ancestrais de forma manual com recurso às tesouras de poda, podões e serrotes.

A produção de bioetanol à base dos subprodutos da fileira oleícola nesta região poderia incrementar o uso de ferramentas de poda manual assistida, ou outras utilizadas para outras operações agrícolas, alimentadas a este biocombustível fortalecendo a sustentabilidade e reforçando a bioeconomia e a circularidade nesta fileira.

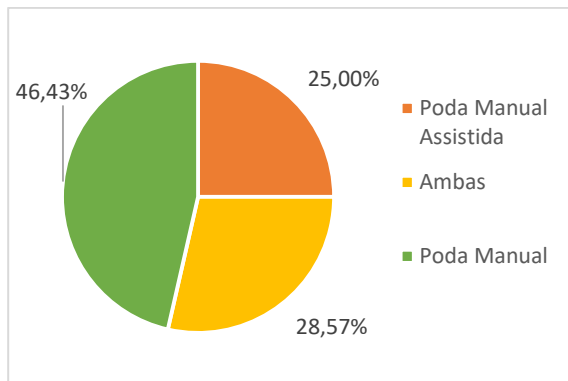


Figura 39 - Discriminação da poda manual, inquérito I.

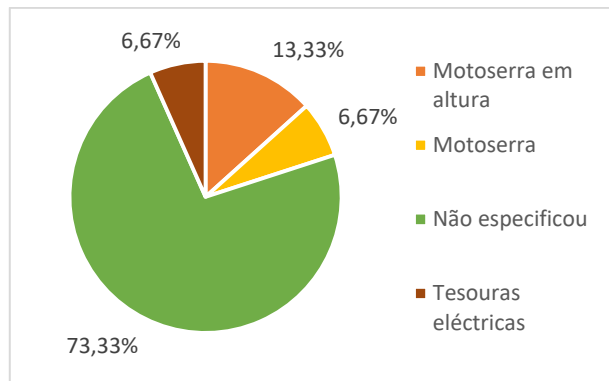


Figura 40 - Discriminação da poda manual assistida, inquérito I.

Tal como se pode ver pela Figura 41, a esmagadora maioria dos produtores opta por não fazer a recolha da lenha de poda. Os olivicultores justificam esta prática por contribuir para o acréscimo da fertilidade do solo, através do aumento de matéria orgânica, bem como pela melhoria da traficabilidade na entrelinha e pela diminuição de erosão dentro do olival. O aumento da traficabilidade na entrelinha é interessante visto que tanto a colheita como a poda do olival são realizadas num período de maior humidade do solo e isso pode causar problemas de mobilidade das máquinas, pesadas por si só e mais ainda ao realizarem carregamentos. Após a operação cultural da poda, os olivicultores passam um destroçador na entrelinha para reduzir o tamanho da lenha de poda, aumentando a sua área superficial de modo a facilitar a decomposição do material vegetal em matéria orgânica pela ação dos micro e macro organismos do solo. Porém, há agricultores que consideram que a operação de destroçamento da lenha de poda dificilmente leva à obtenção de destroços homogêneos e com reduzida dimensão. De facto, a maioria das destroçadoras não manipula a lenha de poda de modo a que os componentes do solo consigam efetuar a rápida decomposição do material, e tornando o material num meio de atração a agentes patogénicos às plantas em produção.

Outro aspeto referido pelos agricultores é que quando o material vegetal fica com dimensões inadequadas pode espetar-se nos pneus dos veículos.

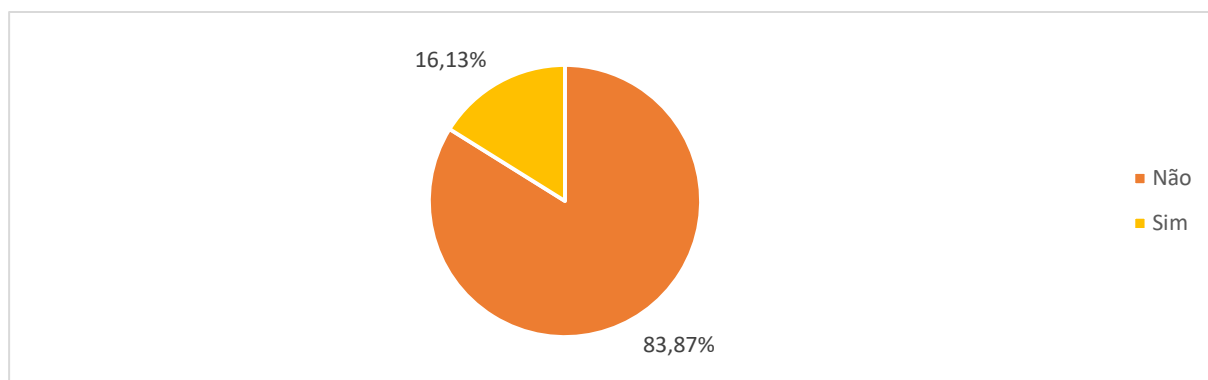


Figura 41 - Recolha da lenha de poda.

Entre os agricultores que praticam a recolha da lenha de poda, uma clara maioria faz essa recolha de forma manual, ou seja, sem recurso à mecanização (Figura 42). Cerca de 83% dos produtores fazem esta recolha de forma manual sendo que os restantes preferem recorrer a um prestador de serviços. De destacar que cerca de 16% dos produtores apenas recolhe a lenha de maior dimensão, deixando a de menor dimensão para ser destroçada. Esta prática deve-se à falta de eficácia por parte das destroçadoras e pelo aproveitamento da lenha mais grosseira para aquecimento doméstico. Outros 16% dos produtores preferem fazer uma preparação da lenha de poda antes da sua recolha, também manual. No fundo, cerca de 32% dos respondentes efetua uma pré-seleção da lenha de maiores dimensões para facilitar a recolha manual, dentro deste grupo metade recolhe a lenha maior de forma manual e a outra metade recolhe a totalidade mas previamente preparada.

A necessidade de recorrer a mão-de-obra para este tipo de trabalho também é justificada por não haver no mercado oferta de máquinas eficazes para este tipo de serviço. De notar que a mecanização da recolha da lenha de poda não foi desenvolvida de forma eficaz, o que obriga a uma forte logística na realização desta operação, nomeadamente, um sem fim acoplado ao trator que eleva os materiais para um reboque que prossegue atrás puxado por outro trator, tendo em conta que a recolha é feita nas linhas dos olivais, as voltas de cabeceira seriam bastante difíceis e para além de morosas levaria ao sacrifício de algumas árvores. É importante ainda salientar a carga de CO_2 , emitida em todos estes processos, acrescentando o transporte para a biorrefinaria, pode levantar dúvidas sobre o custo-benefício da recolha da lenha de poda para produção de biocombustíveis.

Também existe uma opção de uma máquina compactadora de lenhas florestais que produz um fardo com este material, porém a produção destes fardos requer muita lenha de poda por m^2 , e nenhum dos sistemas de produção mesmo com variedades bastante vigorosas

consegue produzir quantidades suficientes para o funcionamento desta máquina no contexto do sector olivícola.

Tendo em conta as dificuldades apresentadas na mecanização da recolha de poda, resta a recolha manual, que para além de encarecer esta operação agora debate-se com a fraca oferta de mão-de-obra agrícola. Isto exige uma valorização por parte da lenha de poda suficientemente alta que permita ultrapassar estes pormenores. Perante estes problemas, é normal que os produtores prefiram deixar a lenha de poda na entrelinha, optando pelo seu destroçamento e também a sua posterior incorporação no solo, operações eficientes, baratas e acima de tudo que incrementam a fertilidade do solo.

Em virtude do que foi mencionado, conclui-se que a valorização das lenhas de poda é ainda efetuada de forma muito reduzida. Retirar a lenha dos olivais fica caro por não haver opções mecanizadas e as opções de valorização não são suficientemente benéficas para cobrir estes custos. O aparecimento de uma solução mecânica que facilitasse o transporte dos subprodutos para fora do olival, aliado a uma unidade de valorização de subprodutos como por exemplo uma biorrefinaria, poderia criar condições favoráveis a uma nova visão nas práticas de gestão dos subprodutos agrícolas.

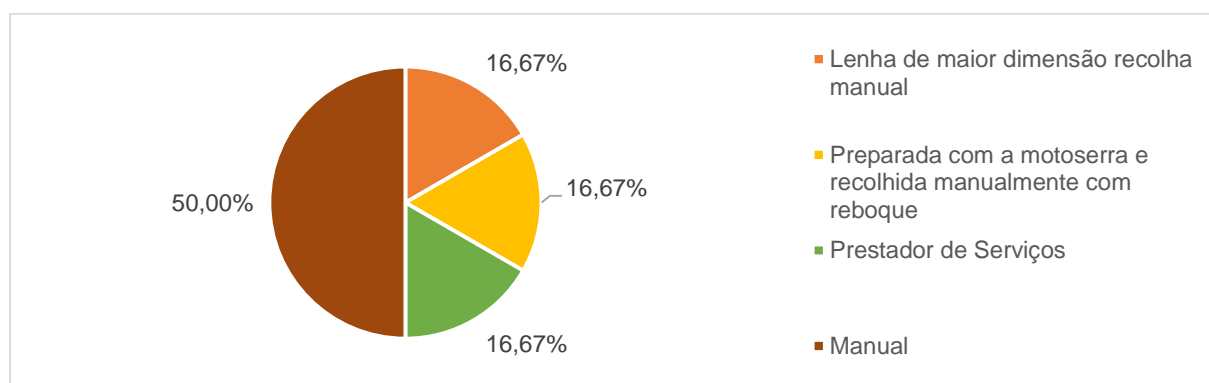


Figura 42 – Tipo de operação de recolha da lenha de poda, inquérito I.

Relativamente aos quantitativos de lenha de poda, apenas 40% dos produtores inquiridos sabiam ou tinham uma pequena noção da quantidade gerada.

Nota-se uma maior concentração da produção de lenha de poda nos municípios de Beja, Ferreira do Alentejo e Serpa, Figura 43.

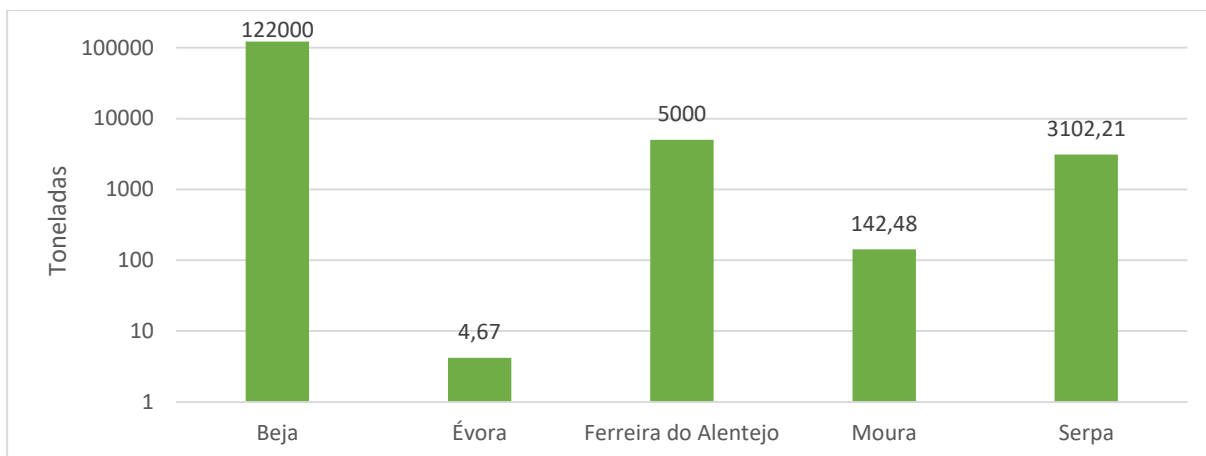


Figura 43 - Somatório da quantidade de lenha de poda por município, inquérito I.

Relativamente à questão de qual o fim dado aos subprodutos provenientes da poda, apenas cerca de 3% referiram valorizar este material, nomeadamente para comercialização da biomassa para valorização energética (Figura 44).

Cerca de 56% dos inquiridos pratica o destroçamento da lenha de poda, sendo que apenas 2,78% desses procede à incorporação no solo da entrelinha após esta prática, enquanto a grande maioria (52,78%) deixa os materiais na entrelinha sem qualquer outra manipulação.

Cerca de 8% dos inquiridos prefere deixar o material vegetal cortado na entrelinha sem efetuar destroçamento prévio nem incorporação.

A incorporação do material vegetal podado no solo da entrelinha, sem qualquer outra manipulação prévia do material, é a opção adotada por 16,67% dos inquiridos. Aproximadamente 16% dos produtores responderam que optam pela combustão dos materiais provenientes da poda, sendo que 5,56% aproveita como lenha doméstica e os restantes fazem “queimadas” a céu aberto.

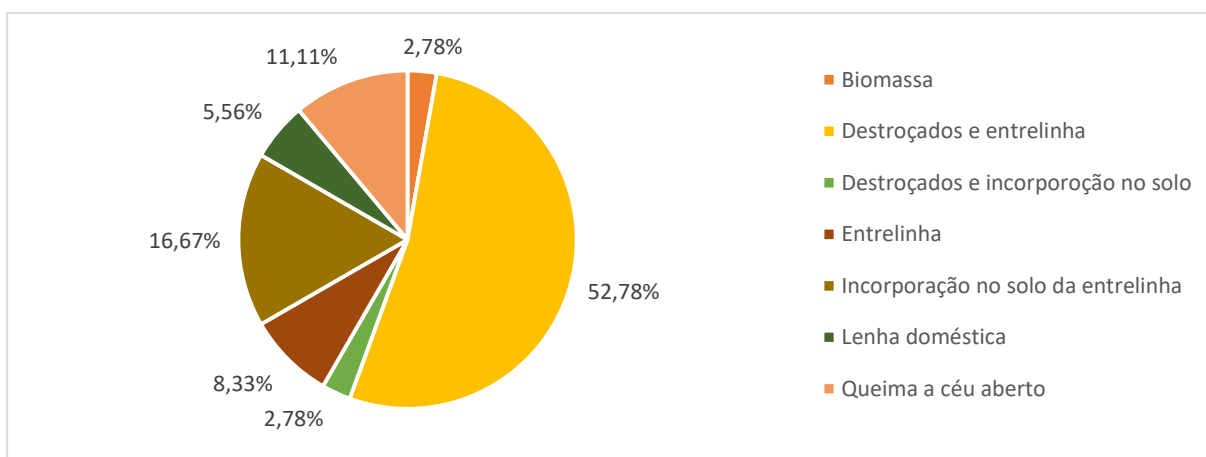


Figura 44 - Destinos da lenha de poda, inquérito I.

Considerou-se importante perceber a influência do fator genético variedade na produção de lenha de poda, nesse sentido identificou-se as variedades presentes nas explorações inquiridas (Figura 45).

Há duas variedades que se destacam como mais frequentes nas repostas, curiosamente a variedade mais frequente, Arbequina, corresponde a uma variedade conduzida normalmente em sebe, o que contraria as expectativas, tendo em conta o maior número de repostas por parte de produtores em sistema em vaso. A variedade que se revela como a segunda mais frequente é Cobrançosa e a sua presença costuma estar associada a qualquer um dos sistemas de condução do olival.

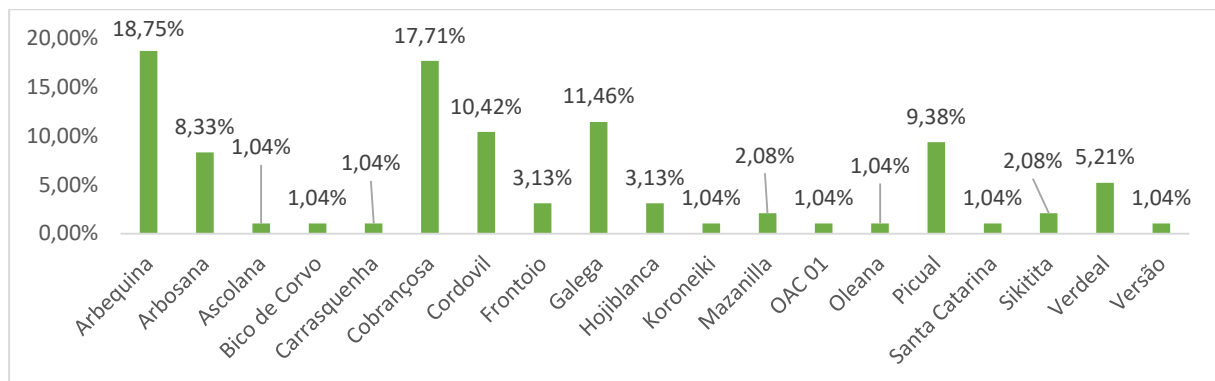


Figura 45 - Variedades presentes nas explorações inquiridas, inquérito I.

Relativamente à influência da variedade na produção de lenha de poda, verificou-se existir um claro consenso por parte dos inquiridos, que se podia estabelecer uma ligação (Figura 46). Sendo que segundo opinião dos respondentes, as duas variedades que se destacam na produção de lenha de poda são Galega e Arbequina (Figura 47).

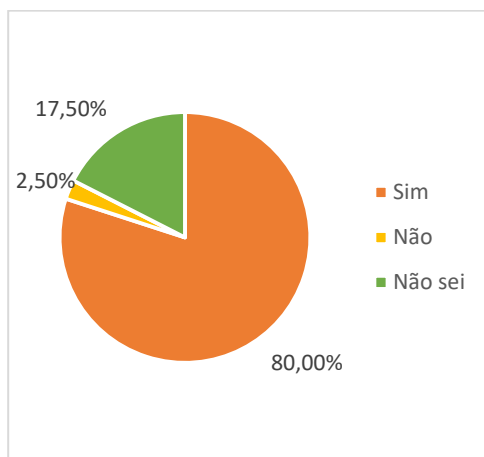


Figura 46 - Influencia da variedade na produção de Lenha de Poda, inquérito I.

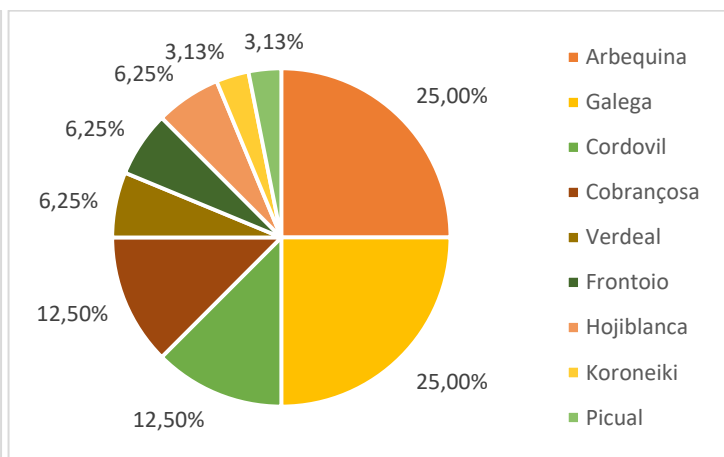


Figura 47 – Variedades com influência na Lenha de Poda, inquérito I.

É sabido que qualquer que seja o método de colheita da azeitona, esta gera sempre uma grande quantidade de queda de folhas de oliveira, que se acumulam juntamente com a azeitona. Foi perguntado no inquérito qual o aproveitamento dado a este material lenhocelulósico, sendo que cerca de 16% dos produtores não fazem a separação das folhas de oliveira “colhidas”, seguindo para o lagar juntamente com a azeitona (Figura 48). Os restantes 83,87% têm a preocupação de separar as folhas da azeitona após a colheita. A prática mais usual, cerca de um terço das respostas, é a colocação das folhas na entrelinha sendo que 6,45% dos produtores trituram-nas antes de deixar na entrelinha.

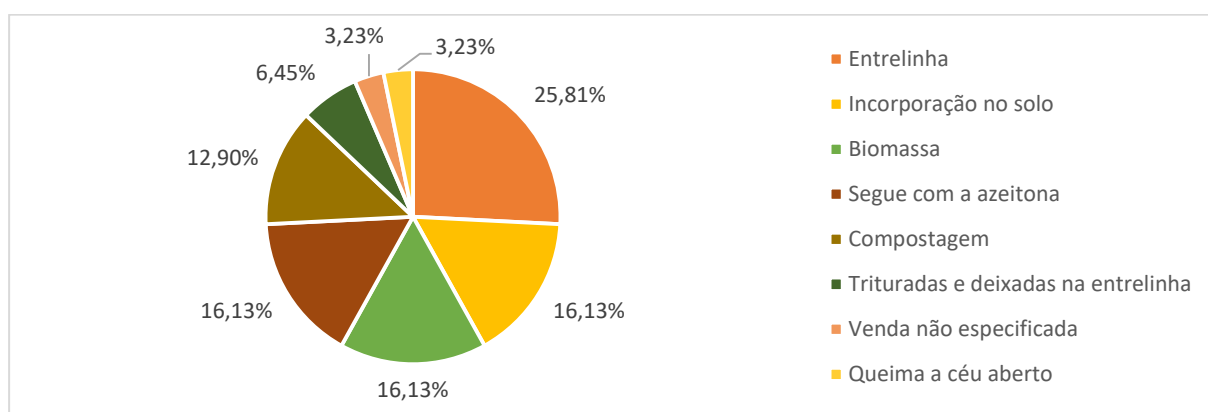


Figura 48 - Destino das folhas da colheita da azeitona, inquérito I.

Sector Agroindustrial

As Figura 49 a Figura 52 pretendem caracterizar o universo de respondentes do sector agroindustrial ao inquérito I (16 das 47 respostas).

Dos 58 lagares existentes na ZIA (INE, 2021b) foram abordados 53, o que corresponde a 91,38%. Dos 53 lagares contactados obtiveram-se 16 respostas, ou seja 27,59% dos lagares existentes na ZIA realizaram o inquérito.



Figura 49 - Dados relativos aos lagares na ZIA, segundo INE (2021b).

No universo inquirido houve uma dominância do método de extração de azeite pelo sistema de centrifugação de duas fases, cerca de 82% dos lagares (Figura 50). O que mostra a preocupação da região por adotar técnicas consideradas mais sustentáveis. Estes resultados são coincidentes com a bibliografia, EDIA *et al.*, (2020) refere que a maioria dos lagares em Alqueva atua com sistema de extração em 2 fases.

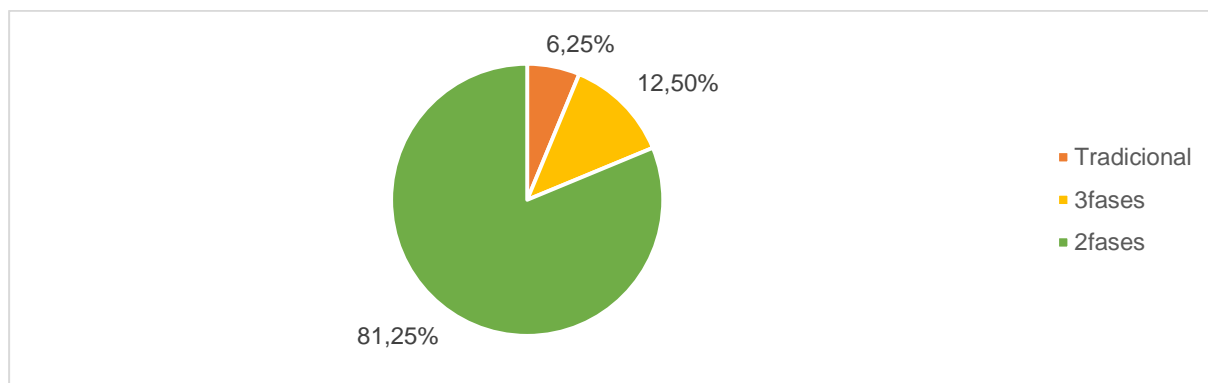


Figura 50 - Método de extração dos inquiridos do sector agroindustrial no inquérito I.

Como se pode ver pela Figura 51, houve uma maior concentração de respostas de lagares dos concelhos de Beja e Serpa, sendo que os lagares de duas fases destes concelhos foram os que tiveram maior representação neste inquérito (Figura 52). Estes resultados estão de conta a bibliografia (EDIA, 2020), onde os concelhos de maior atividade lagareira são Serpa, Beja, Ferreira do Alentejo e Moura. Porém o concelho de Ferreira do Alentejo tem mais importância na atividade do que o que está representado no gráfico.

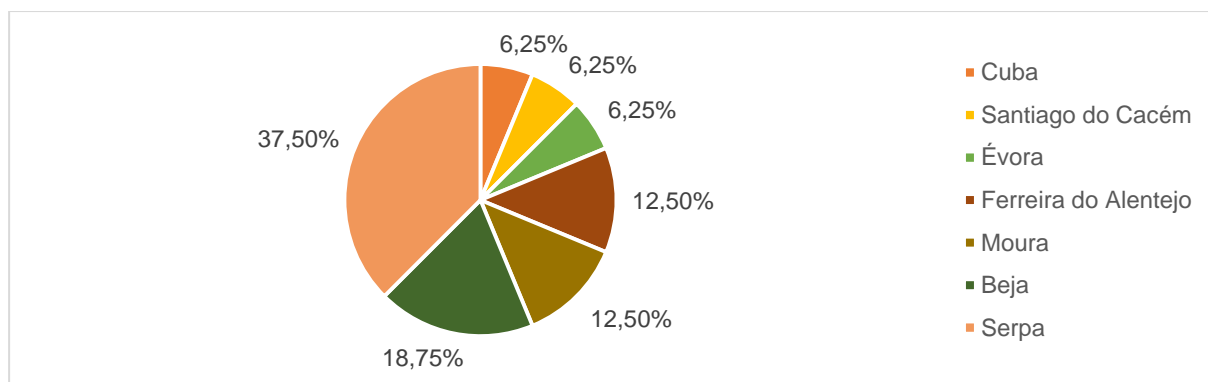


Figura 51 - Representatividade municipal das respostas do sector agroindustrial no inquérito I.

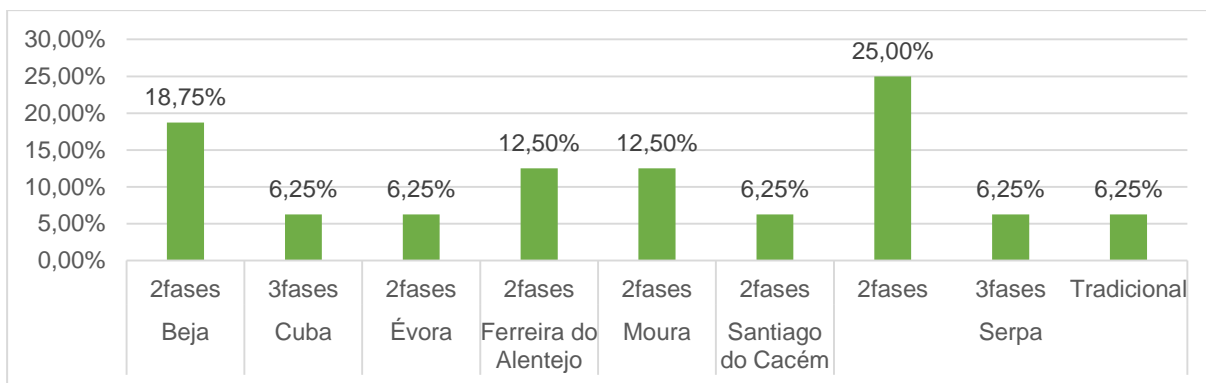


Figura 52 - Método de extração dos inquiridos por município no inquérito I.

Após a receção da azeitona no lagar, o primeiro passo é a limpeza (separação das folhas de oliveira) e lavagem da azeitona. A Figura 53 apresenta os resultados obtidos sobre o registo das folhas de oliveira separadas no processo de limpeza da azeitona. De destacar que 75% dos lagares inquiridos fazem o registo das folhas de oliveira recebidas, apesar de 12,50% destes terem contabilizado valor nulo pois o acordo que fazem com os produtores de azeitona inclui uma pré-limpeza no campo antes da entrega.

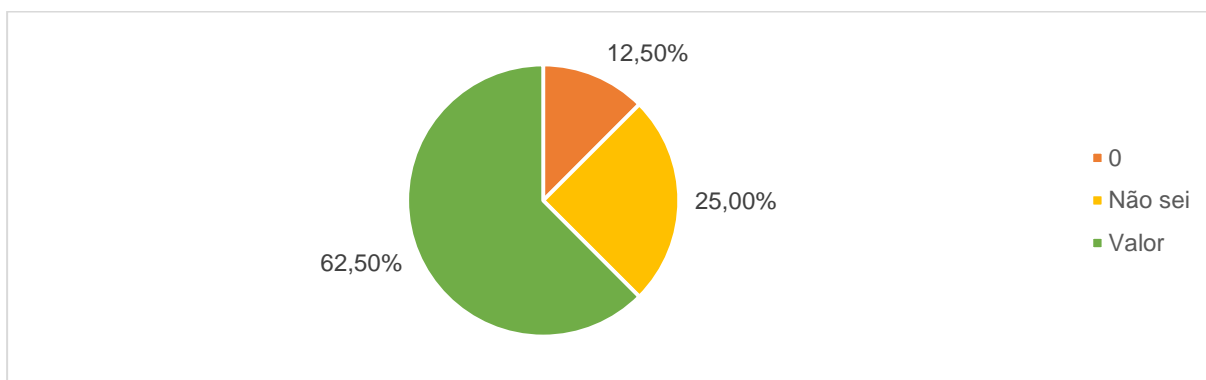


Figura 53 - Folhas de oliveira contabilizadas em lagar na campanha 2020, inquérito I.

Foi questionado qual o destino dado às folhas de oliveira separadas, verificando-se que cerca de 44% dos lagares vendem este material (Figura 54). De referir que cerca de 72% dos lagares que vendem as folhas o fazem para valorização energética da biomassa (Figura 55).

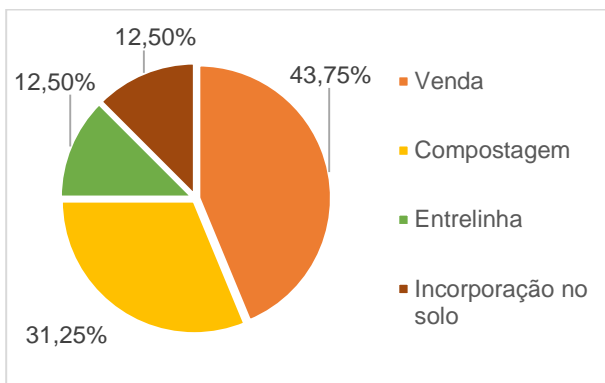


Figura 54 - Destino dado às folhas de oliveira do lagar separadas na limpeza da azeitona, inquérito I.

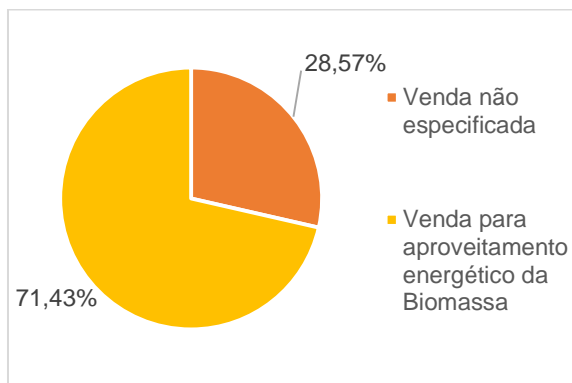


Figura 55 – Destino da venda das folhas de oliveira rececionadas no lagar, inquérito I.

Através dos quantitativos deste material referidos por cada lagar, calcularam-se os valores por município e observou-se uma maior concentração deste material nos concelhos de Ferreira do Alentejo e Serpa (Figura 56).

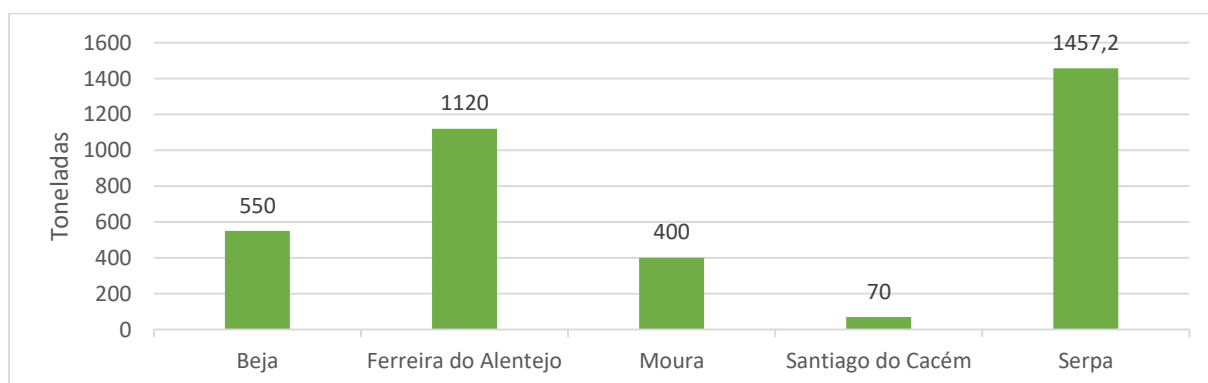


Figura 56 - Somatório da quantidade de folhas de oliveira separadas no lagar por município, inquérito I.

O bagaço é outro dos subprodutos do sector agroindustrial da fileira oleícola com importância considerável devido ao seu elevado volume e reduzido leque de aproveitamentos. A Figura 57 identifica os locais da ZIA onde ocorre maior produção de bagaço, destacando-se os concelhos de Ferreira do Alentejo, Moura e Serpa.

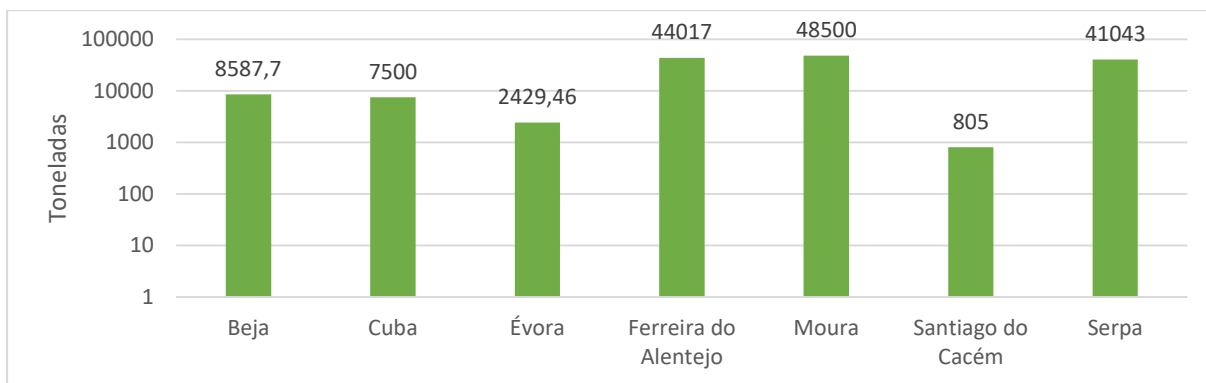


Figura 57 - Somatório do quantitativo de Bagaço por município, inquérito I.

A esmagadora maioria do bagaço é gerado pelo método de extração de duas fases, o que era esperado pois constitui o método mais representado no universo de inquiridos. De destacar o desconhecimento dos quantitativos de bagaço por parte dos lagares de extração tradicional. Quanto ao destino dado ao bagaço, Figura 58, é de notar que cerca de 82% dos inquiridos fornecem o bagaço, como subproduto, para a extração de óleo de bagaço. Porém, destes apenas 15,38% o fazem de forma comercial, os restantes 84,62% fornecem o bagaço às indústrias de refinaria somente a troco do caroço de azeitona e em anos que o óleo de bagaço esteja pouco valorizado no mercado ainda têm de pagar o seu transporte (Figura 59).

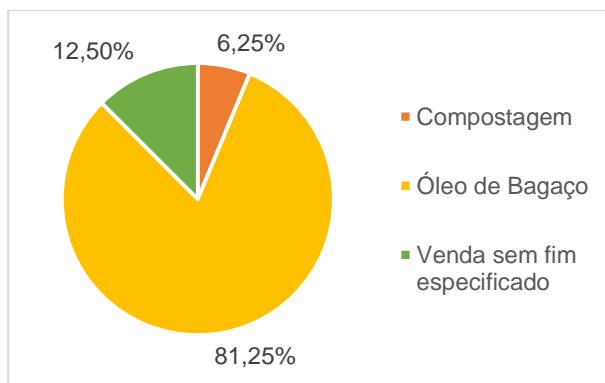


Figura 58 - Destino do bagaço, inquérito I.

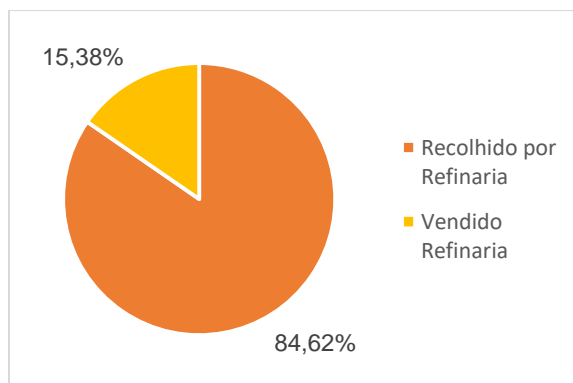


Figura 59 – Escrutínio do fornecimento para óleo de bagaço, Inquérito I.

Em relação ao caroço de azeitona, as respostas ao inquérito mostraram que 50% dos inquiridos procedem à sua separação.

Em 75% dos casos a separação dos caroços é feita após a extração de azeite, ou seja, a extração dos caroços é feita no bagaço (Figura 60). Esta operação não é feita nas azeitonas, antes da extração, de forma a minimizar as manipulações do fruto e conseqüentes perdas de rendimento e qualidade do azeite.

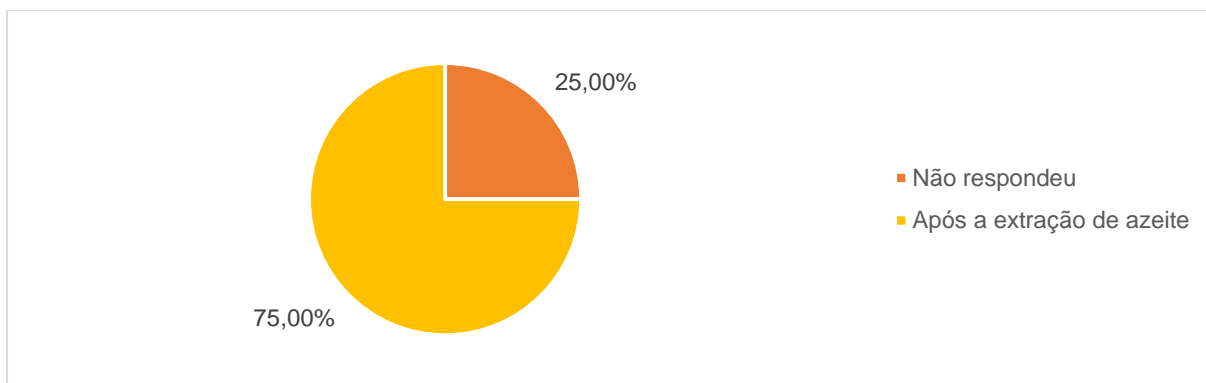


Figura 60 - Momento da separação dos caroços de azeitona, inquérito I.

No que se refere à forma como é feita a separação dos caroços, Figura 61, apesar de 1/3 dos inquiridos não ter respondido, os respondentes utilizam uma descarçadora.

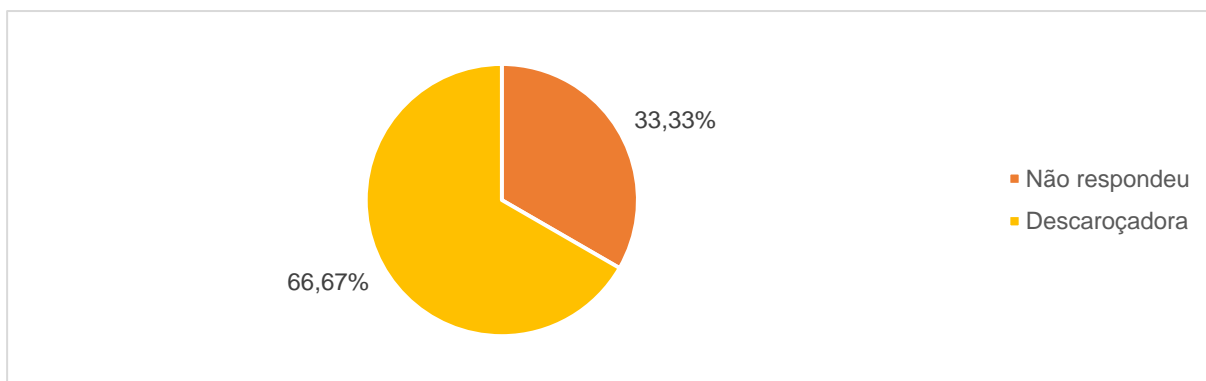


Figura 61 - Como é feita a separação dos caroços, inquérito I.

Os concelhos onde se verifica a maior produção de caroços de azeitona são Ferreira do Alentejo, Moura e Serpa, Figura 62.

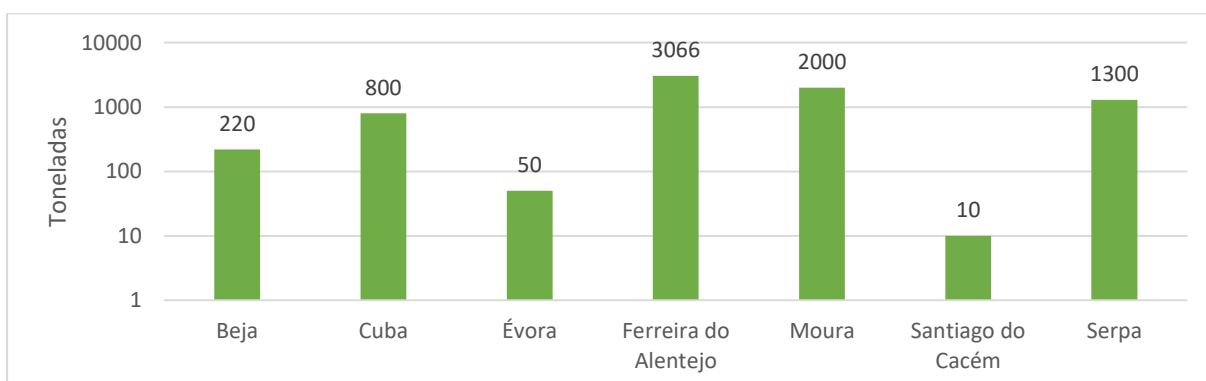


Figura 62 - Somatório do quantitativo de caroços de azeitona por município, inquérito I.

Aos 50% dos inquiridos que efetuam separação dos caroços foi perguntado qual o destino dado a esse material, Figura 63, sendo que 30% usa exclusivamente para autoconsumo e

50% comercializa e os restantes 20% aproveitam para autoconsumo e vendem a quantidade remanescente. Em relação aos que vendem, Figura 64, sabe-se que 60% vendem para valorização energética por combustão.

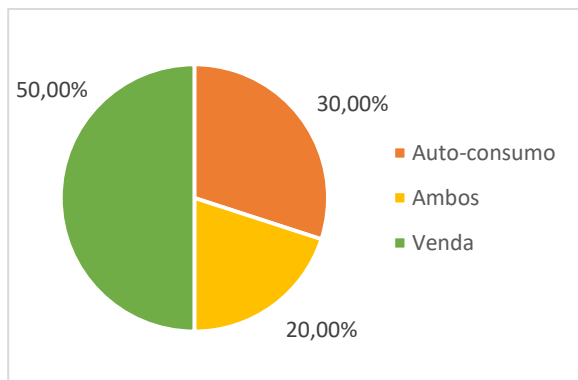


Figura 63 - Destino dos caroços separados, inquérito I.

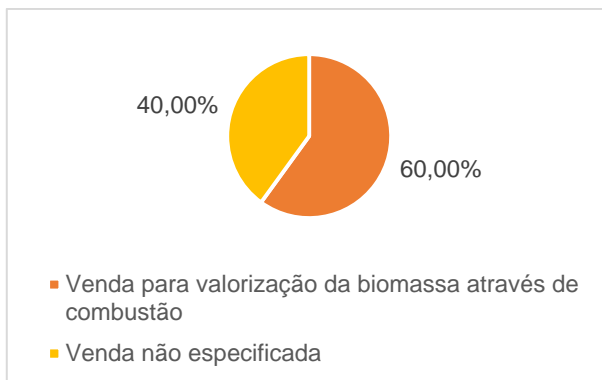


Figura 64 – Discriminação da venda dos caroços, inquérito I.

Neste estudo foi notório que os subprodutos da fileira oleícola já têm soluções de valorização, estas são maioritariamente direcionadas para o melhoramento do solo (no caso dos subprodutos do olival) e para a extração de óleo de bagaço (para os subprodutos da atividade agroindustrial). Porém, estas vias não acrescentam valor aos subprodutos, ao contrário do que aconteceria com a produção de bioetanol. Esta via de valorização, para além de acrescentar valor aos subprodutos, iria permitir a criação de emprego, gerar energia renovável, contribuindo para satisfazer as necessidades energéticas da região, da fileira e caminhando a favor da transição energética e da neutralidade carbónica.

4.2. Inquérito II

Foi efetuado um segundo inquérito com o objetivo de apurar informações mais pormenorizadas e conseguir conclusões mais abrangentes sobre a ZIA. No entanto, só foi possível obter 13 respostas.

Sector Agrícola

Relativamente ao sector agrícola, foram obtidas 10 respostas. As Figuras 65 a 67 pretendem caracterizar o universo de referência deste inquérito II. Os respondentes abrangem os três sistemas de produção, tendo a produção em vaso obtido 50% das respostas (Figura 65).

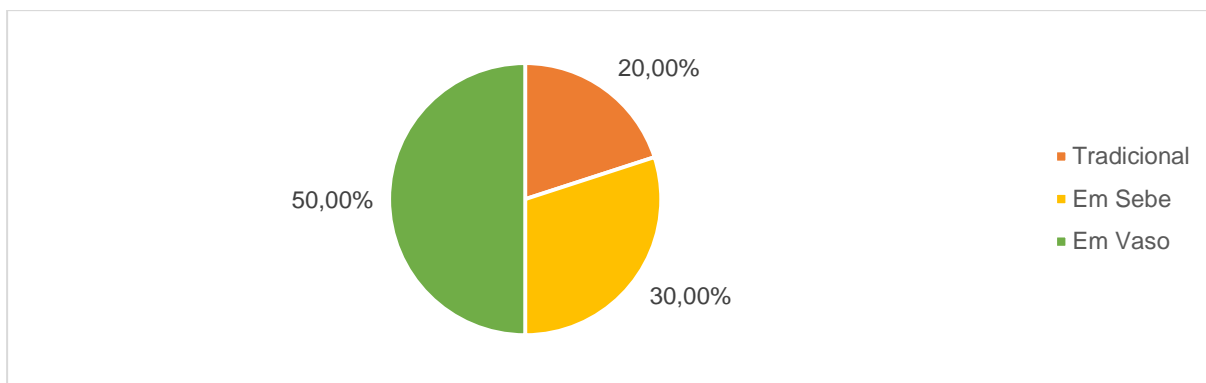


Figura 65 - Representatividade do sistema de produção do sector agrícola no inquérito II.

A maioria das respostas, cerca de 70%, foi dada por produtores provenientes do concelho de Serpa, Moura e Beja (Figura 66).

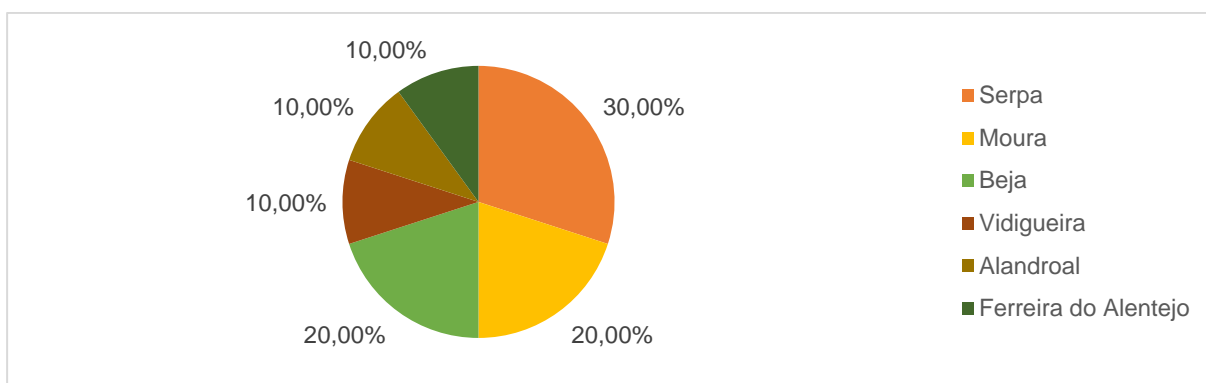


Figura 66 - Distribuição municipal do sector agrícola no inquérito II.

O concelho com maior representatividade em termos de área de olival foi o concelho de Beja (Figura 67).

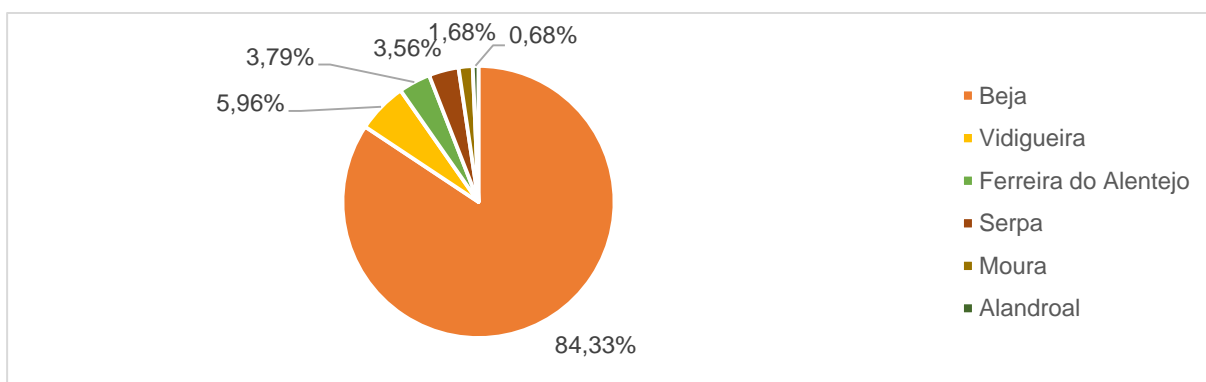


Figura 67 - Somatório da área de olival (ha) por município do setor agrícola no inquérito II.

Dos 30% dos produtores que fazem separação das folhas de oliveira (Figura 68), 75% fazem a separação através da máquina de colheita em olival em sebe e os restantes 25% fazem-no de forma manual (Figura 69).

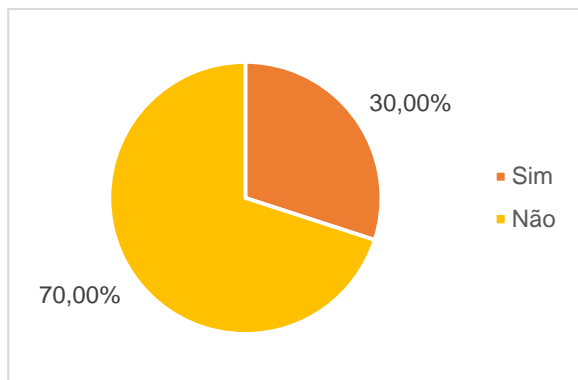


Figura 68 - Separação das folhas após a colheita do setor agrícola no inquérito II.

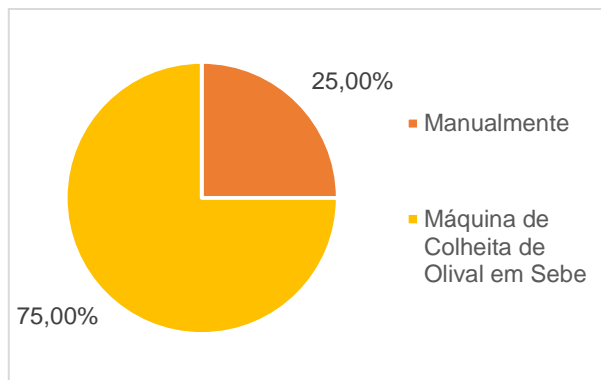


Figura 69 - Discriminação do método de separação das folhas após a colheita, do setor agrícola no inquérito II.

Procurou-se perceber a influência da variedade na queda de folhas durante a colheita de azeitona, tendo a maioria dos produtores inquiridos considerado que existem variedades que produzem maior queda de folhas (Figura 70). De salientar que 7,69% dos produtores respondeu existir maior influência por parte do método de colheita do que da variedade da azeitona.

Aos produtores que responderam haver influência da variedade, foi-lhes questionado quais as variedades que geram maior queda de folhas (Figura 71), sendo estas a Galega e a Arbequina.

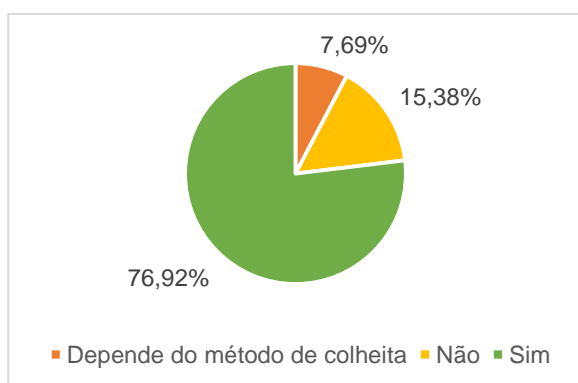


Figura 70 - Existência de variedades com maior produção de subprodutos foliares segundo a experiência dos inquiridos no inquérito II do setor agrícola.

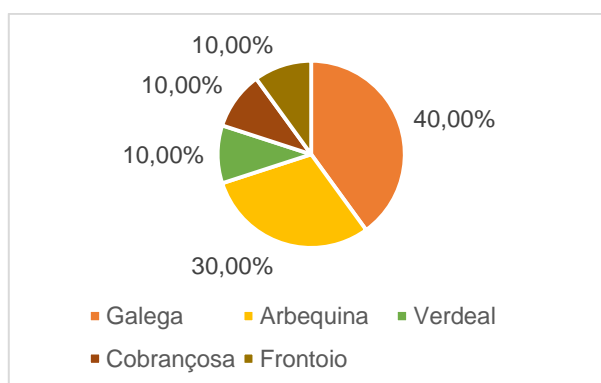


Figura 71 - Escrutínio das variedades que segundo os inquiridos geram mais subprodutos foliares na colheita, inquérito II.

No que se refere à lenha de poda, neste segundo inquérito pretendeu-se aprofundar a recolha de informações de forma a entender a oscilação dos quantitativos e perceber a influência dos

anos de Safra e Contrassafra. Porém, ocorreu uma grande deficiência de dados recolhidos no inquérito, em que apenas 47,50% soube quantificar por registo ou por estimativa.

Foi também feito neste inquérito uma sondagem para perceber a aceitação dos produtores relativamente ao aproveitamento dos subprodutos para produção de bioetanol.

Verificou-se que a larga maioria dos inquiridos está interessado em fornecer amostras de biomassa de poda para análise do seu potencial de conversão em bioetanol (Figura 72).

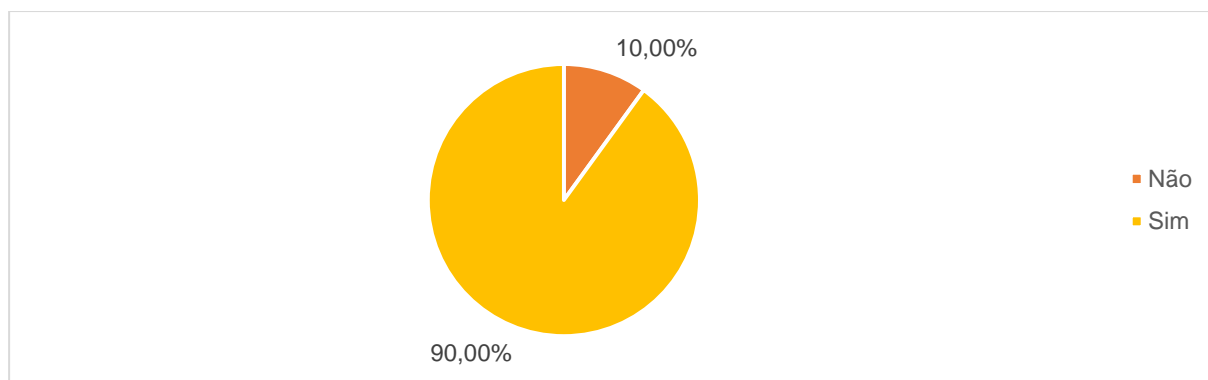


Figura 72 - Sondagem sobre o interesse dos produtores em fornecer amostras dos subprodutos agrícolas para o estudo do potencial de conversão em biocombustível líquido, inquérito II.

Por outro lado, procurou saber-se qual a preferência relativamente à compensação pela disponibilização da lenha de poda, dando-se a opção entre bioetanol ou adubos orgânicos. Tal como ilustra a Figura 73, 80% dos inquiridos optou pelos adubos orgânicos, o que parece indicar que os produtores ainda não têm informação suficiente sobre a temática dos biocombustíveis ou que consideram que ainda não estão criadas as condições para este tipo de práticas.

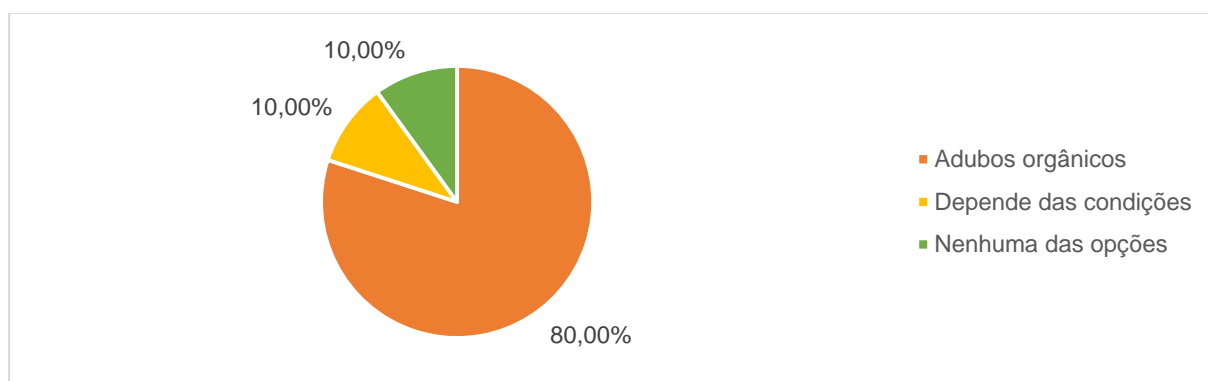


Figura 73 - Sondagem sobre preferência de bioetanol ou adubos orgânicos na troca de lenha de poda, inquérito II.

Foi também apresentada a hipótese de na troca dos subprodutos da lenha de poda haver a possibilidade de receber cupões de desconto para abastecimento de gasolina especificamente ou pela aquisição de adubos orgânicos Figura 74. Houve um claro consenso pela escolha de adubos orgânicos como “moeda de troca” pelos subprodutos. Isto mostra mais uma vez a preocupação e a prioridade por parte dos agricultores no aumento da fertilidade do solo.

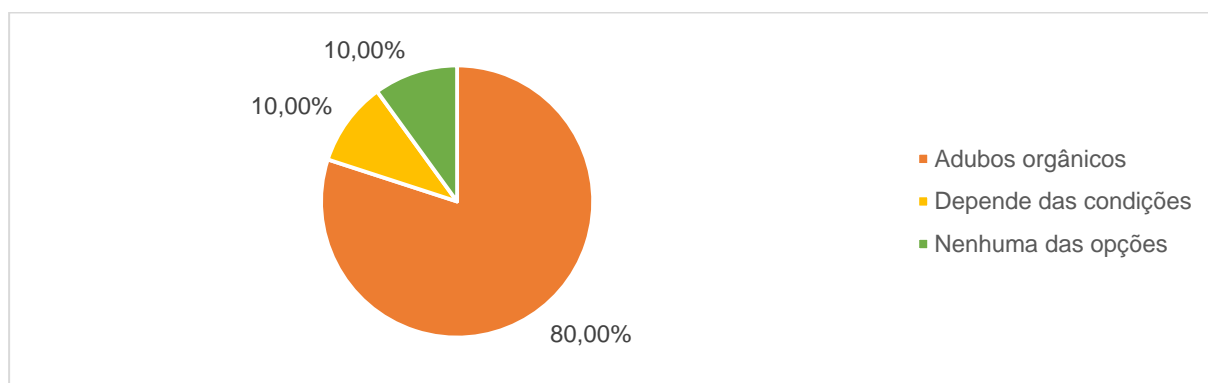


Figura 74 - Sondagem sobre a preferência de descontos em gasolina ou adubos orgânicos na troca da lenha de poda, inquérito II.

Foi perguntado qual a preferência dos inquiridos, se vender se trocar a lenha de poda, Figura 75. A maioria respondeu no sentido da troca deste material, o que pressupõe o interesse dos respondentes por práticas de economia circular.

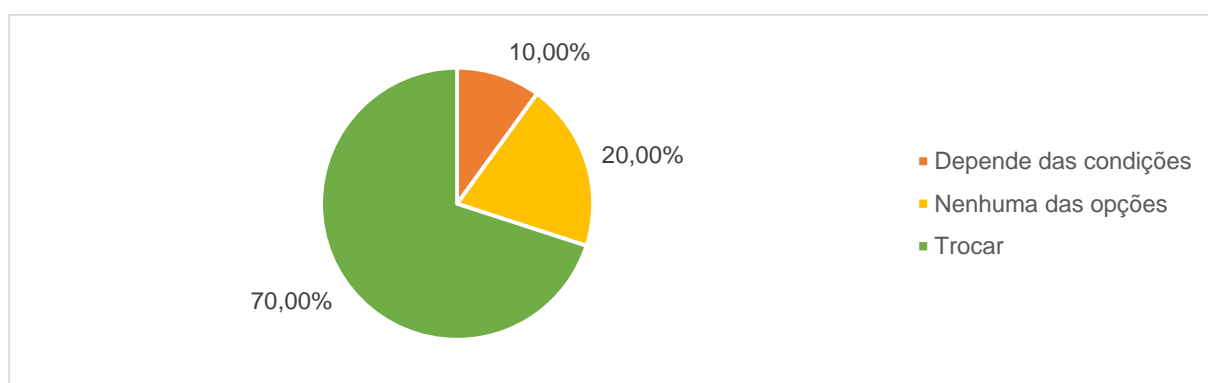


Figura 75 - Sondagem sobre a preferência na venda ou na troca da lenha de poda, inquérito II.

Avaliou-se qual o conhecimento dos respondentes sobre Economia Circular. As respostas, Figura 76, indicam que a larga maioria dos inquiridos sabe/já contactou com o conceito de economia circular, o que mais uma vez mostra a preocupação do sector relativamente à sustentabilidade ambiental.

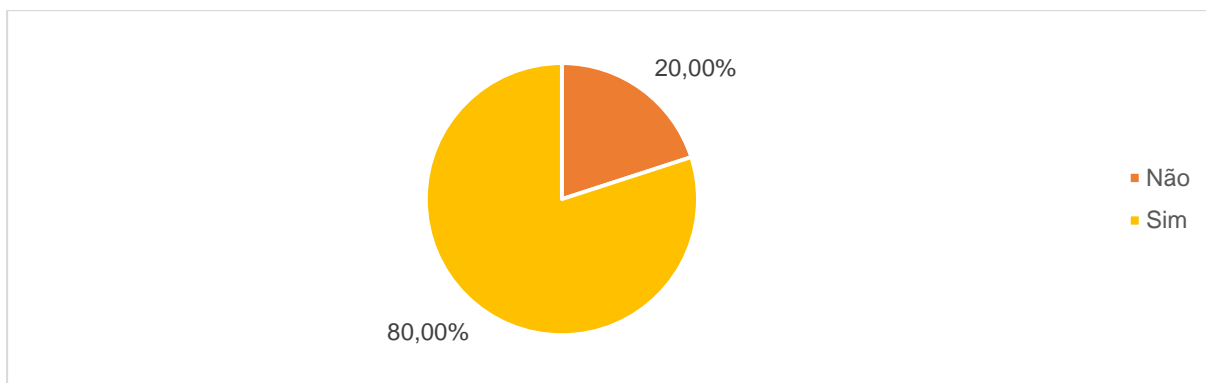


Figura 76 - Sondagem sobre o conhecimento do conceito de Economia Circular, no sector agrícola do inquérito II.

Como última questão do inquérito, perguntou-se qual a disposição de vender ou trocar os subprodutos gerados na sua exploração para conversão em biocombustíveis líquidos. Os resultados, Figura 77, foram animadores, cerca de 70% das respostas foram positivas a esta pergunta. Concluindo-se por uma relativa abertura do sector agrícola no fornecimento de subprodutos como matéria-prima para a produção de biocombustíveis.

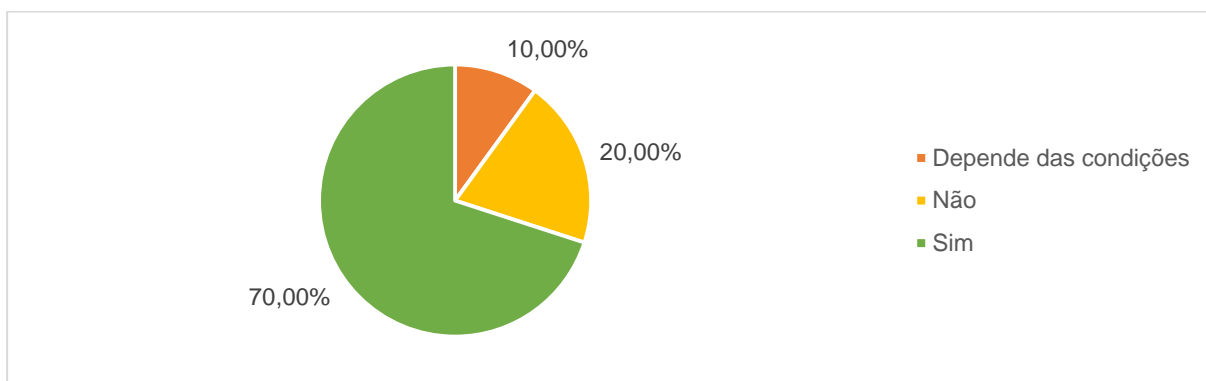


Figura 77 - Sondagem sobre interesse, após este inquérito, em fornecer subprodutos provenientes da produção de azeitona para a produção de biocombustíveis líquidos, inquérito II.

Sector Agroindustrial

Relativamente ao inquérito II do sector agroindustrial foram recebidas apenas três respostas, pelo que não foi possível reunir dados suficientes para a análise de dados. Os resultados deste inquérito estão no anexo 8.3.

4.3. Estimativa do potencial de produção de bioetanol

Na Quadro 10 apresentam-se os resultados do rendimento de bioetanol por tonelada de biomassa, obtidos de acordo com Najafi *et al.* (2021). Constata-se que apenas as folhas de oliveira têm um rendimento semelhante em bioetanol, tanto quando não submetidas a pré-

tratamento (cenário I), como quando submetidas ao pré-tratamento com melhores rendimentos (cenário II). Nos restantes materiais lenhocelulósicos verifica-se um grande acréscimo do rendimento em bioetanol resultante do pré-tratamento.

Quadro 10 - Potencial de produção de bioetanol a partir de uma tonelada de cada tipo de biomassa para os cenários I e II.

Material	Cenário	C _{Bioetanol}	Bioetanol
		g/L	L/t matéria seca
Folhas de Oliveira	I	7,99	101,26
	II	7,75	98,24
Lenha de Poda	I	3,20	40,58
	II	11,17	141,56
Caroços de Azeitona	I	3,08	39,09
	II	10,83	137,20
Bagaço de Azeitona	I	3,97	50,29
	II	9,41	119,21

Tendo em consideração os quantitativos dos vários tipos de biomassas da fileira oleícola recolhidos no inquérito I (Quadro 11), foi possível determinar o potencial teórico de produção de bioetanol para cada cenário em análise (Quadro 12).

Quadro 11 - Quantitativos de biomassa apurados no inquérito I e respetiva conversão em matéria seca.

Tipo de Biomassa	Quantidade de biomassa gerada	
	t/ano	t _{biomassa seca} /ano
Lenha de Poda	130248,9	78149,3
Folhas Limpas	3597,2	2338,2
Bagaço Azeitona	152882,2	53508,8
Caroço Azeitona	7446,0	6329,1

Verifica-se que com base na quantidade de subprodutos indicados pelos cerca de 30% de lagares inquiridos na ZIA e pelos subprodutos gerados em cerca de 20% da área explorada por olival na ZIA, seria possível produzir 6 390 m³ e 18 540 m³ de bioetanol, respetivamente para os cenários I e II.

Quadro 12 - Resultados da estimativa da produção de bioetanol para os cenários avaliados.

Cenário	Tipo de biomassa	m ³ Bioetanol	Total (m ³)
Cenário I	Lenha de Poda	3171,5	6390,3
	Folhas colhidas	-	
	Folhas Limpas	236,8	
	Bagaço Azeitona	2691,1	
	Caroço Azeitona	291,0	
Cenário II	Lenha de Poda	11063,0	18540,0
	Folhas colhidas	-	
	Folhas Limpas	229,7	
	Bagaço Azeitona	6378,9	
	Caroço Azeitona	868,4	

Da pesquisa bibliográfica efetuada verificou-se que não há muitos estudos que refiram o uso destes tipos de biomassa para a produção de bioetanol. Creto (2018) concluiu que, a partir de 88 379 t de bagaço de azeitona extratado (BAE) gerado em Portugal continental, pode produzir-se anualmente 23 500 m³ de bioetanol. Também concluiu que seria possível produzir 97 400 m³ de bioetanol a partir de 330 390 t de lenha de poda de oliveira produzidas anualmente em Portugal continental. No mesmo estudo refere-se uma produção específica de bioetanol a partir de BAE foi de 266,5 L/t de matéria seca e a partir da lenha de poda de oliveira de 294,6 L/t de matéria seca. Tomando estes valores de produção específica e os quantitativos de BAE (75 000 t) e de lenha de poda (224 947 t), que segundo o autor são gerados no Alentejo, seria de esperar uma produção de bioetanol respetivamente de cerca de 20 000 m³ e 43 000 m³. Estes valores de produção são bastante mais otimistas do que os apresentados no Quadro 10, o que se pode dever ao facto de a estimativa feita por Creto (2018) ter considerado que todos os açúcares fermentescíveis disponíveis foram convertidos em bioetanol. Pelo contrário, os valores expostos no Quadro 10 foram obtidos com base nos resultados do estudo experimental de Najafi *et al.* (2021). Por outro lado, os quantitativos de lenha de poda de oliveira apresentados por Creto (2018) parecem ser baixos comparativamente com a realidade do inquérito I, já que que a produção de 20% da área explorada pela ZIA é cerca de metade dos quantitativos apresentados pelo autor para toda a região do Alentejo.

No que se refere à produção de bioetanol 2G na Europa, podem dar-se alguns exemplos: em Salamanca, Espanha, até 2016 houve uma unidade de demonstração que tinha capacidade anual de produção de 5 000 m³ (Flach *et al.*, 2019); Em Itália, uma das maiores empresas de produção de bioetanol 2G a nível global (*Beta Renewables*) teve capacidade anual para produzir 50 000 m³ de bioetanol a partir de palhas de trigo, palhas de arroz e de junco gigante; Na Eslováquia está a ser planeada uma unidade com capacidade anual de produção de

bioetanol 2G de 63 000 m³, a partir de subprodutos agrícolas, nomeadamente palha de milho (Flach et al., 2019; Padella, O'Connell, & Prussi, 2019).

No continente americano, pode referir-se a empresa *DuPont* dos EUA, que tem uma capacidade anual de 114 000 m³ de bioetanol 2G a partir de palha de milho. E no Brasil as empresas *Bioflex* e *Raízen's Costa Pinto*, que têm capacidade anual para produzir, respetivamente, 81 000 m³ e 32 000 m³ a partir de bagaço de cana-de-açúcar. No entanto, laboram abaixo da sua capacidade e a produção bioetanol 2G do Brasil em 2018 foi de apenas 25 000 m³, na mesma ordem de grandeza da China (20 000 m³).

Focando nos resultados obtidos por tipo de biomassa, Quadro 12, constata-se que a lenha de poda tem maior peso na totalidade do volume de bioetanol estimado, sendo cerca de 50% no cenário I e cerca de 60% no cenário II. Isto não se deve aos valores do rendimento de bioetanol por massa de subproduto (Quadro 10), mas sim aos elevados valores quantitativos (Quadro 11). Apesar dos quantitativos de bagaço de azeitona serem superiores aos da lenha de poda (cerca de 50% e 45%, respetivamente para o bagaço de azeitona e para lenha de poda), devido ao elevado teor de humidade do bagaço a lenha de poda representa cerca de 55% do total de biomassa seca e o bagaço de azeitona cerca de 40%.

Este facto revela a importância do sector agrícola para a estimativa de potencial de produção da ZIA, em que se manifesta com um peso de 50% e 60%, respetivamente no cenário I e no cenário II.

Relativamente ao limiar de rentabilidade VOGELBUSCH Biocommodities refere que a capacidade mínima de uma biorrefinaria 1G é de 300 m³ de bioetanol/dia o que corresponde a laborar sensivelmente 100 000 toneladas biomassa/ano e a uma instalação com uma dimensão entre 5 e 6 hectares. No caso de biorrefinarias 2G, como os rendimentos são mais baixos a quantidade de matéria-prima necessária será sensivelmente o dobro.

Os valores estimados estão abaixo da capacidade anual das maiores indústrias de bioetanol 2G da atualidade, na ordem de 81 000 – 114 000 m³. Importa sublinhar que estas estimativas foram efetuadas assumindo os quantitativos levantados por cerca de **20% da superfície agrícola de olival da ZIA e de cerca de 30% dos lagares da ZIA**. Assim como foi considerado total disponibilidade dos quantitativos de subprodutos identificados através dos inquéritos, na prática isso pode não acontecer, tanto por razões de estratégia dos proprietários como por dificuldade ou inviabilidade na acessibilidade.

Deve-se ainda realçar outros pressupostos assumidos que são otimistas, tais como a aplicação de rendimentos obtidos em experiências à escala laboratorial para extrapolar a produção à escala industrial. Não foram tidos em conta potenciais erros associados à escala, nem perdas de eficiência nas diversas etapas do processo de produção.

5. Conclusões

Esta dissertação teve como objetivo fazer uma avaliação do potencial teórico de produção de bioetanol a partir dos subprodutos lenhocelulósicos, resultantes da atividade agrícola da produção de azeitonas e da atividade agroindustrial da produção de azeite, na Zona de Interação de Alqueva.

Os resultados obtidos nos inquéritos permitiram tecer algumas conclusões interessantes relativamente ao setor oleícola na ZIA.

No que se refere às características do setor agrícola, verificou-se uma relativa homogeneidade dos sistemas de produção de olival, estando o olival tradicional ligeiramente menos representado (22,58%) e o olival em vaso ligeiramente mais representado nesta região (45,16%). Por outro lado, cerca de 55% das explorações agrícolas não cultivam exclusivamente azeitonas, sendo que a totalidade das explorações produzem azeitona para a produção de azeite e uma pequena fração (16,13%) produz azeitona tanto para azeite como para azeitona de mesa.

No que se refere às práticas agrícolas com implicações na produção de subprodutos, nomeadamente à poda, nesta região caracteriza-se maioritariamente pela formação das abas da oliveira, prática aplicada aos olivais em vaso e aos olivais tradicionais, e pelo topping, que pode ser aplicado a todos os sistemas de olival mas é mais comum nos olivais em sebe. A metodologia de poda privilegia a poda seletiva dos ramos menos produtivos, dessa forma está intimamente relacionada com podas manuais e podas manuais assistidas se bem que se revelou uma preferência pela poda exclusivamente manual, ou seja, sem recurso a máquinas de corte.

Quanto à poda, 60% dos produtores podam as oliveiras anualmente, enquanto 40% não o faz.

Atualmente, apenas 16% dos produtores agrícolas efetuam recolha das lenhas de poda, a maioria dos quais fá-lo de forma manual e apenas valorizam a lenha mais grosseira para lenha doméstica. Para além dos 3% de produtores que comercializam estes subprodutos para valorização energética da biomassa, o destino das lenhas de poda é fundamentalmente para aplicação nas entrelinhas dos olivais, após uma operação de destroçamento da lenha, ou sujeitos a uma incorporação no solo, ou ficam apenas na entrelinha sujeitos à decomposição após o corte.

No que se refere às folhas, 30% dos produtores efetua a sua separação aquando da colheita, a maioria por meio da máquina de colheita de olival em sebe, ficando nas entrelinhas dos olivais. Entende-se que, com estas práticas, será muito difícil direcionar este subproduto para a produção de bioetanol.

A atividade agroindustrial na ZIA caracteriza-se pelo método de extração em duas fases e onde há maior atividade de produção de azeite é nos concelhos de Serpa, Beja, Moura e Ferreira do Alentejo.

As folhas de oliveira separadas no lagar, contrariamente às folhas “colhidas”, a maioria (47,75%) é vendida, principalmente para aproveitamento da biomassa. A atividade agroindustrial também gera bagaço que é maioritariamente (81,25%) utilizado para extração de óleo de bagaço, porém apenas uma pequena parte é vendida, a maior parte é trocada por caroços de azeitona que são utilizados como combustível para a caldeira do lagar, devido ao seu elevado poder calorífico. De todos os lagares que fazem a separação do caroço (50%), a maior parte (50%) vende-o para valorização da biomassa, havendo 30% de lagares que o usam para autoconsumo e 20% que efetua as duas práticas anunciadas.

Em termos dos quantitativos de subprodutos da fileira oleícola gerados na ZIA, relativamente à lenha de poda, verificou-se que cerca de 40% dos olivicultores têm dados quantitativos e no global produziram 130 248 toneladas. Esta produção esteve essencialmente concentrada nos municípios de Beja, Ferreira do Alentejo e Serpa.

No que se refere às folhas, os 62,5% dos lagares que têm dados quantitativos produziram 3 597 toneladas e a produção concentra-se nos concelhos de Serpa e Ferreira do Alentejo.

Relativamente ao bagaço, os lagares produziram 152 882 toneladas e a produção concentra-se nos concelhos de Moura, Ferreira do Alentejo e Serpa. Nos 50% dos lagares que separam o caroço da azeitona do bagaço produziram-se 7 446 toneladas de caroços de azeitona e esta produção concentra-se no concelho de Ferreira do Alentejo e Moura.

Em virtude dos factos apresentados, conclui-se que **a zona com maior produção de subprodutos diz respeito aos concelhos de Serpa, Ferreira de Alentejo e Moura.**

Na análise dos quantitativos de subprodutos gerados no olival (lenha de poda e folhas “colhidas”) também se procurou avaliar se havia influência das variedades, verificando-se que muitos dos olivicultores consideram que as variedades Arbequina e Galega geram um maior quantitativo de subprodutos.

No inquérito aplicado, da avaliação à motivação dos agricultores em relação à temática do fornecimento de subprodutos para a produção de biocombustíveis foi possível concluir que há uma grande disponibilidade para fornecer amostras para futuros estudos ligados aos biocombustíveis. Uma conclusão importante foi a de que a **maioria dos agricultores concordou fornecer os seus subprodutos para a produção de biocombustíveis líquidos.** A generalidade dos produtores (80%), num cenário em que seja viável a produção de bioetanol a partir dos subprodutos, referiu que ao invés da sua comercialização prefere fornecê-los por **troca de adubos orgânicos.** A preferência pelos adubos orgânicos foi notada face às opções apresentadas: “bioetanol”, “cupões de desconto em gasolina” e “nenhuma das opções”.

Relativamente à estimativa do potencial teórico de produção de bioetanol a partir dos diversos tipos de subprodutos, os resultados foram animadores, com um global de **6 390 m³ no cenário I** (processo produtivo sem pré-tratamento dos subprodutos) e de **18 540 m³ no cenário II** (produção de bioetanol maximizada por aplicação de pré-tratamento).

6. Perspetivas futuras

O facto de os inquéritos terem sido realizados em contexto pandémico penalizou bastante, não só a abordagem aos intervenientes da fileira oleícola bem como a relação de proximidade, traduzindo-se num baixo índice de resposta. Assim, penso que se deveria repetir a aplicação dos inquéritos, mas em formato presencial, o que certamente melhorará a robustez do levantamento dos quantitativos de subprodutos existentes, que foi a maior dificuldade deste trabalho.

Por outro lado, seria interessante realizar um trabalho experimental focado na realidade da ZIA, que estudasse os subprodutos obtidos a partir das variedades predominantes na região com maior produção de subprodutos agrícolas, e testasse os subprodutos agroindustriais com maior interesse e gerados em maior quantidade, neste sentido julgo ser relevante incluir o bagaço de azeitona extratado. Assim, seria possível perceber quais os rendimentos em bioetanol dos subprodutos lenhocelulósicos da fileira oleícola da ZIA.

Também será muito importante perceber a viabilidade económico-financeira desta via de valorização e até que ponto pode ser integrado em unidades de valorização já existentes na região.

Tendo em conta as motivações dos agricultores estarem maioritariamente direccionadas para o fornecimento dos subprodutos em troca de adubos orgânicos, seria interessante perceber a viabilidade dos subprodutos provenientes da produção de bioetanol serem sujeitos a compostagem permitindo a produção de um substrato rico em matéria orgânica e deste modo cativar os agricultores a fornecer os seus subprodutos para a produção de bioetanol 2G.

Para garantir o envolvimento dos atores do setor, as associações de produtores podem desempenhar um papel relevante para a dinamização desta temática, atuando a vários níveis. Em primeiro lugar, na compilação da informação quantitativa dos subprodutos da fileira oleícola, atualizada e acima de tudo disponível; na promoção da caracterização físico-química dos subprodutos, bem como de estudos de avaliação e otimização do processo de conversão; na sensibilização para estas temáticas junto dos produtores agrícolas e agroindustriais, através da realização de cursos e formações sobre a sustentabilidade energética e o papel do bioetanol no futuro da fileira oleícola.

Só assim será possível avaliar o verdadeiro potencial deste setor para contribuir para a transição energética.

Por fim, apesar das claras limitações já realçadas, considera-se que este trabalho pode ser um estímulo ao início de uma nova abordagem à valorização dos subprodutos desta fileira, servindo de base a futuros trabalhos nesta temática.

7. Bibliografia

- Abu Tayeh, H. N., Azaizeh, H., & Gerchman, Y. (2020). Circular economy in olive oil production – Olive mill solid waste to ethanol and heavy metal sorbent using microwave pretreatment. *Waste Management*, 113, 321–328. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.06.017>
- APA. (2019). Plano Nacional Energia e Clima. *Plano Nacional Energia E Clima 2021-2030 (Pnec 2030)*.
- Atlas Rural da Zona de Intervenção de Alqueva. (sem data). Obtido 24 de Novembro de 2021, de https://sir.dgadr.gov.pt/images/conteudos/gpaa/atlas/atlas_a1_d_ad_topo.htm
- Barroso, J. M., Peça, J. O., Dias, A. B., Pinheiro, A. C., & Santos, F. L. (2013). Evolução técnica em olivicultura. Em *O grande livro da oliveira e do azeite* (pp. 86–97).
- Beltrán-Ramírez, F., Orona-Tamayo, D., Cornejo-Corona, I., Luz Nicacio González-Cervantes, J., Esparza-Claudio, J. de J., & Quintana-Rodríguez, E. (2019). Agro-Industrial Waste Revalorization: The Growing Biorefinery. *IntechOpen*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5772/57353>
- Berbel, J., & Posadillo, A. (2018). Review and analysis of alternatives for the valorisation of agro-industrial olive oil by-products. *Sustainability*, 10(237), 1–9. <https://doi.org/10.3390/su10010237>
- Catita, D. (2021). Projeto URSA: uma solução circular para reforçar a matéria orgânica no solo. Obtido 20 de Janeiro de 2022, de <https://florestas.pt/conhecer/projeto-ursa-uma-solucao-circular-para-reforcar-a-materia-organica-no-solo/>
- Contreras, M. del M., Romero, I., Moya, M., & Castro, E. (2020). Olive-derived biomass as a renewable source of value-added products. *Process Biochemistry*, 97(June), 43–56. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2020.06.013>
- Creto, A. R. (2018). *O potencial nacional para a produção de biocombustíveis a partir de resíduos agroindustriais*. Universidade de Lisboa Faculdade de Ciências.
- Doula, M. K., Moreno-Ortego, J. L., Tinivella, F., Inglezakis, V. J., Sarris, A., & Komnitsas, K. (2017). Olive Mill Waste: Recent advances for the sustainable development of olive oil industry. Em *Olive Mill Waste* (pp. 29–54).
- EDIA. (2019). *Anuário Agrícola de Alqueva 2019*. Obtido de http://www.edia.pt/folder/galeria/ficheiro/225_anuario_agricola_alqueva_2018_mq6qr91zs4.pdf
- EDIA. (2020). *Anuário Agrícola de Alqueva 2020*. Obtido de https://www.edia.pt/wp-content/uploads/2021/01/Anuario_Agricola_Alqueva_2020_ii.pdf
- EDIA, DGADR, DGAV, DRAP Alentejo, & INIAV. (2020). *Olival em Alqueva caracterização e perspectivas*. Obtido de <https://www.edia.pt/wp->

content/uploads/2021/03/olival_digital.pdf

- Fernando, S., Adhikari, S., Chandrapal, C., & Murali, N. (2006). Biorefineries: Current status, challenges, and future direction. *Energy and Fuels*, 20(4), 1727–1737. <https://doi.org/10.1021/ef060097w>
- Flach, B., Lieberz, S., & Bolla, S. (2019). GAIN Report - EU Biofuels Annual 2019. *Global Agricultural Information Network*. Obtido de [https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Bi ofuels Annual_The Hague_EU-28_7-15-2019.pdf](https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Biofuels%20Annual_The%20Hague_EU-28_7-15-2019.pdf)
- Flottweg. (2021a). Separate Solids and Liquids Efficiently. Obtido 25 de Fevereiro de 2021, de <https://www.flottweg.com/product-lines/decanter/>
- Flottweg. (2021b). Separation down to the last drop. Obtido 25 de Fevereiro de 2021, de <https://www.flottweg.com/product-lines/separator/3-phase-separator/>
- Flottweg. (2021c). Three phases with the highest selectivity. The efficient 3-phase decanter centrifuge. Obtido 25 de Fevereiro de 2021, de <https://www.flottweg.com/product-lines/tricanter/>
- Fokaides, P. A. (2017). Energy recovery alternatives for the sustainable management of olive oil industry. Em *Olive Mill Waste* (pp. 79–96).
- Frame, D., Henry, A., & Allen, M. (2018). Why methane should be treated differently compared to long-lived greenhouse gases. Obtido 16 de Junho de 2021, de The conversation website: <https://theconversation.com/why-methane-should-be-treated-differently-compared-to-long-lived-greenhouse-gases-97845>
- Galanakis, C. M., & Kotsiou, K. (2017). Recovery of bioactive compounds from olive mill waste. Em *Olive Mill Waste* (pp. 205–229).
- Gírio, F. (2021). *Main challenges and achievements on Lignocellulosic-based ethanol biorefineries*.
- Governo Português. (2019). *Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 - Estratégia de longo prazo para a neutralidade carbónica da economia portuguesa em 2050*.
- Guerrero-Casado, J., Carpio, A. J., Tortosa, F. S., & Villanueva, A. J. (2021). Environmental challenges of intensive woody crops: The case of super high-density olive groves. *Science of the Total Environment*, 798(149212). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149212>
- IACGB. (2020). *Communiqué of the Global Bioeconomy Summit 2020*. Obtido de https://gbs2020.net/wp-content/uploads/2020/11/GBS2020_IACGB-Communique.pdf
- IEA. (2020). Transport biofuels. Obtido 16 de Fevereiro de 2021, de Renewables 2020 website: <https://www.iea.org/reports/renewables-2020/transport-biofuels>
- Incomme. (2011). Mediterranean Basin – Landscape. Obtido 26 de Abril de 2021, de <https://incomme.org/mediterranean-regions/mediterranean-basin-landscape.html>

- INE. (1995). *O impacto socio-económico de alqueva na agricultura do alentejo: metodologia de avaliação e resultados para o caso das explorações agrícolas do perímetro de rega de odiveiras*.
- INE. (2021a). Explorações agrícolas com culturas permanentes (N.º) por Localização geográfica (NUTS - 2013) e Tipo (culturas permanentes); Decenal - INE, Recenseamento agrícola - séries históricas. Obtido 19 de Setembro de 2021, de <http://www.ine.pt>
- INE. (2021b). Lagares de azeite (N.º) por Localização geográfica (NUTS - 2013), Tipo de lagar de azeite e Sistema de extracção utilizado; Anual - INE, Inquérito anual à produção de azeite. Obtido 19 de Setembro de 2021, de <http://www.ine.pt>
- INE. (2021c). Superfície das culturas permanentes (ha) por Localização geográfica (NUTS - 2013) e Tipo (culturas permanentes); Decenal - INE, Recenseamento agrícola - séries históricas. Obtido 19 de Setembro de 2021, de <http://www.ine.pt>
- Ishola, M. M., Brandberg, T., & Taherzadeh, M. J. (2015). Simultaneous glucose and xylose utilization for improved ethanol production from lignocellulosic biomass through SSFF with encapsulated yeasts. *Biomass Bioenergy*, *77*, 192–199.
- Jørgensen, H., Kristensen, J. B., & Felby, C. (2007). Enzymatic conversion of lignocellulose into fermentable sugars: Challenges and opportunities. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, *1*, 119–134. <https://doi.org/10.1002/bbb.4>
- Kumar, B., Bhardwaj, N., Agrawal, K., Chaturvedi, V., & Verma, P. (2020). Current perspective on pretreatment technologies using lignocellulosic biomass: An emerging biorefinery concept. *Fuel Processing Technology*, *199*(July 2019). <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2019.106244>
- LNEG. (sem data-a). Biocombustíveis. Obtido 15 de Março de 2021, de <https://www.lneg.pt/area/energia/bioenergia/biocombustiveis/>
- LNEG. (sem data-b). Biorrefinarias. Obtido 15 de Março de 2021, de <https://www.lneg.pt/area/energia/bioenergia/biorrefinarias/>
- Mairech, H., López-Bernal, Á., Moriondo, M., Dibari, C., Regni, L., Proietti, P., ... Testi, L. (2020). Is new olive farming sustainable? A spatial comparison of productive and environmental performances between traditional and new olive orchards with the model OliveCan. *Agricultural Systems*, *181*, 102816. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102816>
- Malode, S. J., Prabhu, K. K., Mascarenhas, R. J., Shetti, N. P., & Aminabhavi, T. M. (2021). Recent advances and viability in biofuel production. *Energy Conversion and Management*, *10*. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2020.100070>
- Mendes, J. V. (2018). Olival em sebe: entre os mitos e a realidade. *Frutas Legumes e Flores*, *Julho/Agos*, 30–31.
- Ministério do Planeamento. (2021). *Plano de recuperação e Resiliência. Consulta Pública*.

Obtido

de

https://www.consultalex.gov.pt/ConsultaPublica_Detail.aspx?Consulta_Id=183

- Miranda, I., Simões, R., Medeiros, B., Nampoothiri, K. M., Sukumaran, R. K., Rajan, D., ... Ferreira-Dias, S. (2019). Valorization of lignocellulosic residues from the olive oil industry by production of lignin, glucose and functional sugars. *Bioresource Technology*, 292. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121936>
- Mitloehner, F. (2020). Rethinking Methane: The Path to Climate Neutrality. Obtido 16 de Junho de 2021, de UC Davis Clear Center website: <https://www.dairycouncil.co.uk/cmsfiles/Subsustainability/Dairy-Rethinking-Methane-Frank-Mitloehner-Presentation-Oct-25-2020.pdf>
- Moreira, R. (2021). Bagaço da azeitona, borras da vinificação, fruta de refugo. Conheça os subprodutos da agricultura e saiba como os valorizar. Obtido 8 de Março de 2021, de A Cientista Agrícola website: <https://acientistaagricola.pt/bagaco-da-azeitona-borras-da-vinificacao-fruta-de-refugo-conheca-os-subprodutos-da-agricultura-e-saiba-como-os-valorizar/>
- Naik, S. N., Goud, V. V., Rout, P. K., & Dalai, A. K. (2010). Production of first and second generation biofuels: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 578–597. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.10.003>
- Najafi, E., Castro, E., & Karimi, K. (2021). Biorefining for olive wastes management and efficient bioenergy production. *Energy Conversion and Management*, 244. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2021.114467>
- Negro, M. J., Manzanares, P., Ruiz, E., Castro, E., & Ballesteros, M. (2017). The biorefinery concept for industrial valorization of reidues from olive oil industry. Em *Olive Mill Waste* (pp. 57–73).
- Ogeda, T. L., & Petri, D. F. S. (2010). Hidrólise enzimática de biomassa. *Quim. Nova*, 33(7), 1549–1558.
- Olivum. (2019). Testemunho do Sector. Em *Anuário Agrícola de Alqueva 2019*.
- Orejuela-Escobar, L. M., Landázuri, A. C., & Goodell, B. (2021). Second Generation Biorefining in Ecuador: Circular Bioeconomy, Zero Waste Technology, Environment and Sustainable Development: The Nexus. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 6(2), 83–107. <https://doi.org/10.1016/j.jobab.2021.01.004>
- Padella, M., O'Connell, A., & Prussi, M. (2019). What is still Limiting the Deployment of Cellulosic Ethanol? Analysis of the Current Status of the Sector. *Applied Sciences*, 9(21), 4523. <https://doi.org/10.3390/app9214523>
- Patel, A., & Shah, A. R. (2021). Integrated lignocellulosic biorefinery: Gateway for production of second generation ethanol and value added products. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 6(2), 108–128. <https://doi.org/10.1016/j.jobab.2021.02.001>

- Quilhó, F. (2011). *Produção de Bioetanol a partir de Materiais Lenho-celulósicos de Sorgo Sacarino : Revisão Bibliográfica*.
- Rallo, L., Barranco, D., Costa-Garcia, S., Connor, D. J., Campo, M. G. del, & Rallo, P. (2013). High-density olive plantations. *Horticultural reviews*, *41*, 303–370.
- Romero-García, J. M., Niño, L., Martínez-Patiño, C., Álvarez, C., Castro, E., & Negro, M. J. (2014). Biorefinery based on olive biomass. State of the art and future trends. *Bioresource Technology*, *159*, 421–432. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.03.062>
- Rosati, A., Paoletti, A., Caporali, S., & Perri, E. (2013). The role of tree architecture in super high density olive orchards. *Scientia Horticulturae*, *161*, 24–29. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.06.044>
- Saini, J. K., Saini, R., & Tewari, L. (2015). Lignocellulosic agriculture wastes as biomass feedstocks for second-generation bioethanol production: concepts and recent developments. *3 Biotech*, *5*, 337–353. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s13205-014-0246-5>
- Saini, R., Hegde, K., Brar, S. K., & Vezina, P. (2020). Advanced biofuel production and road to commercialization: An insight into bioconversion potential of *Rhodospiridium* sp. *Biomass and Bioenergy*, *132*. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2019.105439>
- Shah, A., Patel, H., & Narra, M. (2017). Bioproduction of fungal cellulases and hemicellulases through solid state fermentation. *Fungal Metabolites*, 349–393. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-25001-4_7
- Silva, M. M., Costa, J. P. D., Lopes, M. J., Barata, T., Coelho, I. S., Joaquim, V. N., ... Carrilho, J. (2005). *Plano de intervenção para a zona de Alqueva - Tomo 1*.
- Siqueira, J. G. W., Rodrigues, C., Vandenberghe, L. P. de S., Woiciechowski, A. L., & Soccol, C. R. (2020). Current advances in on-site cellulase production and application on lignocellulosic biomass conversion to biofuels: A review. *Biomass and Bioenergy*, *132*. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2019.105419>
- Souilem, S., El-Abbassi, A., Kiai, H., Hafidi, A., Sayadi, S., & Galanakis, C. M. (2017). Olive Oil Production Sector: Environmental Effects and Sustainability Challenges. Em *Olive Mill Waste* (pp. 1–23). <https://doi.org/arXiv:1011.1669v3>
- Tekerlekopoulou, A. G., Akratos, C. S., & Vayenas, D. V. (2017). Integrated biological treatment of olive mill waste combining aerobic biological treatment, constructed wetlands, and composting. Em *Olive Mill Waste* (pp. 139–159).
- UE. (2018). Diretiva (UE) 2018/2001 do Parlamento Europeu e do conselho de 11 de dezembro de 2018 relativa à promoção da utilização de energia de fontes renováveis (reformulação). *Jornal Oficial da União Europeia*, *328(82)*, 82–209.
- VOGELBUSCH Biocommodities. (sem data). Planning a bioethanol plant. Obtido 22 de Janeiro de 2022, de <https://www.bioethanol.vogelbusch.com/en/faq.php>

8. Anexos

8.1. Inquérito I

Inquérito sobre os subprodutos da atividade oleícola na Zona de Interação de Alqueva

Este inquérito pretende recolher informação para o desenvolvimento da dissertação de mestrado em Engenharia Agronómica, no Instituto Superior de Agronomia, do aluno João Miguel Moreira. O trabalho a desenvolver tem como objetivo estudar o potencial de produção de biocombustíveis a partir dos resíduos da cultura em toda a sua fileira, tanto agrícola como agroindustrial.

***Obrigatório**

1. Endereço de *e-mail*: *

2. Nome: *

3. Setor: *

Marcar apenas uma opção.

Setor Agrícola. *(Avançar para a pergunta 4 no final desta secção)*

Setor Agroindustrial. *(Avançar para a pergunta 22 no final desta secção)*

Setor Agrícola

(Esta secção destina-se exclusivamente a produtores de Azeitona na Zona de Interação de Alqueva)

4. Quais os tipos de sistema de produção em que a sua exploração labora? *

Caso tenha mais do que um destes Sistemas de produção, tenha a amabilidade de submeter um inquérito para cada sistema de produção.

Marcar apenas uma opção.

Sistema Tradicional

Sistema Intensivo

Sistema Superintensivo

5. A sua exploração produz exclusivamente azeitona? *

Marcar apenas uma opção.

Sim

- Não
- Outra: _____

Características do Sistema de Produção:

6. Quais as variedades de azeitona existentes na sua exploração? *

7. Área (hectares): *

8. Compasso: *

9. Pertence ao Município: *

Marcar apenas uma opção:

- Alandroal
- Alcácer do Sal
- Aljustrel
- Alvito
- Barrancos
- Beja
- Cuba
- Ferreira do Alentejo
- Mourão
- Portel
- Reguengos de Monsaraz
- Serpa
- Viana do Alentejo
- Vidigueira
- Elvas
- Évora
- Grândola
- Moura
- Santiago do Cacém

10. Qual o industrial (lagar) a que fornece a azeitona?

11. Produz azeitona para: *

Marcar apenas uma opção:

- Extração de Azeite
- Azeitona de Mesa
- Ambos
- Outra: _____

12. Produção do último ano (Campanha 2020) *

Toneladas

13. Quantitativo de Lenha de Poda *

Quantitativos totais da campanha (Toneladas)

14. Quais os métodos de poda aplicados? *

Marcar tudo o que for aplicável.

- Poda manual (serrote, machado, motosserra, etc)
- Poda manual assistida (motosserra em altura, tesouras elétricas)
- Utilização da máquina de Podar de Discos
- Outra: _____

15. Qual o tipo de poda aplicada? *

Marcar tudo o que for aplicável.

- Poda severa (manual)
- Poda manual abas
- Topping (corte horizontal na parte superior da copa)
- Corte vertical
- Poda mecânica mais complemento manual
- Outra: _____

16. Qual a frequência das operações de poda? *

Marcar tudo o que for aplicável.

- Anualmente
- 2 em 2 anos
- 3 em 3 anos
- 4 em 4 anos
- 5 em 5 anos
- 6 em 6 anos
- 7 em 7 anos

- 8 em 8 anos
 9 em 9 anos
 10 em 10 anos
 Outra: _____

17. Qual a sazonalidade da operação cultural da poda? *

(Em que mês inicia e em que mês termina)

18. Faz recolha da lenha de poda? Se sim, qual o método? *

19. Qual o destino dado aos resíduos provenientes da poda? *

20. Qual o destino dado aos resíduos foliares (Folhas) provenientes da colheita? *

21. A sua experiência de campo permite afirmar que existem variedades que produzem mais lenha de poda que outras? Se sim, quais? *

Marcar apenas uma opção.

- Sim
 Não
 Outra: _____

Avançar para pergunta 49

Setor Agroindustrial:

(Esta secção destina-se exclusivamente para lagares na região hidroagrícola do Alqueva)

22. Entidade: *

23. Pertence ao Município: *

Marcar apenas uma opção.

- Alandroal
 Alcácer do Sal
 Aljustrel
 Alvito
 Barrancos
 Beja
 Cuba
 Ferreira do Alentejo
 Mourão

- Portel
- Reguengos de Monsaraz
- Serpa
- Viana do Alentejo
- Vidigueira
- Elvas
- Évora
- Grândola
- Moura
- Santiago do Cacém

Lagares

24. Qual o método de extração efetuado? *

Marcar apenas uma opção

- Tradicional. (Avançar para a pergunta 25 no final da secção)
- Método contínuo por centrifugação em 2 fases. (Avançar para a pergunta 32 no final da secção)
- Método contínuo por centrifugação em 3 fases. (Avançar para a pergunta 39 no final da secção)

Lagares com métodos de extração tradicional

25. É efetuada a separação e aproveitamento dos caroços? *

Marcar apenas uma opção

- Sim. (Avançar para a pergunta 46 no final da secção)
- Não. (Avançar para a pergunta 49 no final da secção)

26. Qual a quantidade de azeitona laborada na campanha de 2020? *

Toneladas

27. Qual a produção de Azeite da campanha do ano 2020? *

Toneladas/Litros

28. Que quantidade de Bagaço de Azeitona gerou esta campanha (2020)? *

Toneladas

29. Qual o aproveitamento dado ao Bagaço de Azeitona? *

30. Que quantidade de Folhas de Oliveira gerou esta campanha (2020)? *

Toneladas

31. Qual o aproveitamento dado às folhas de oliveira? *

Lagares com método de extração contínua por centrifugação em 2 fases

32. É efetuada a separação e aproveitamento dos caroços? *

Marcar apenas uma opção.

Sim. (Avançar para a pergunta 46 no final da secção)

Não. (Avançar para a pergunta 49 no final da secção)

33. Qual a quantidade de azeitona laborada na campanha de 2020? *

Toneladas

34. Qual a quantidade de azeite produzido na campanha de 2020? *

Toneladas/Litro

35. Qual a quantidade de Bagaço de Azeitona gerado na campanha de 2020? *

Toneladas

36. Qual o aproveitamento dado ao Bagaço de Azeitona? *

37. Qual a quantidade de folhas de oliveira gerados na campanha de 2020? *

Toneladas

38. Qual o aproveitamento dado às folhas de oliveira geradas após a sua separação das azeitonas? *

Lagares com método de extração contínua por centrifugação em 3 fases

39. É efetuada a separação e aproveitamento dos caroços? *

Marcar apenas uma opção

Sim. (Avançar para a pergunta 46 no final da secção)

Não. (Avançar para a pergunta 49 no final da secção)

40. Qual a quantidade de Azeitona laborada na campanha do ano de 2020? *

Toneladas

41. Qual a produção de Azeite da campanha do ano de 2020? *

Toneladas/Litros

42. Que quantidade de Bagaço de Azeitona gerou este ano? *

Toneladas;

43. Qual o aproveitamento dado ao Bagaço de Azeitona? *

44. Que quantidade de folhas de oliveira residuais gerou este ano? *

Toneladas

45. Qual o aproveitamento dado às folhas de oliveira após a sua separação à entrada do Lagar? *

Caroços

46. Em que momento e como é feita a separação do caroço de azeitona? *

47. Qual a quantidade de caroços gerados na campanha de 2020? *

Toneladas

48. Qual o aproveitamento dado aos caroços de azeitona? *

Secção Final

49. Estaria interessado em ser contactado para contribuir com mais dados para este estudo? *

Marcar apenas uma opção.

Sim

Não

50. Contacto telefónico:

(No caso de ter interesse em contribuir de forma mais aprofundada para o estudo)

8.2. Inquérito II

Este inquérito pretende recolher informação mais pormenorizada para o desenvolvimento da dissertação de mestrado em Engenharia Agronómica, no Instituto Superior de Agronomia do aluno João Miguel Moreira. O trabalho a desenvolver tem como objetivo estudar o potencial de produção de biocombustíveis líquidos a partir dos resíduos da cultura de olival em toda a sua fileira, tanto agrícola como agroindustrial.

*Obrigatório

1. Email*

2. Nome/Entidade: *

3. Sector: *

Marcar apenas uma opção.

Sector Agrícola - *Avançar para a pergunta 4*

Sector Agroindustrial - *Avançar para a pergunta 15*

Sector Agrícola

4. Quais as principais variedades que da sua exploração? *

5. Produções dos últimos anos: *

(2019,2018,2017,2016)

6. Estimativa de lenha de poda dos últimos anos: *

(2019,2018,2017,2016)

7. A sua experiencia permite afirmar que existem variedades que produzem maisresíduos foliares nas colheitas (Folhas)? -> Se sim, quais? *

8. Após a colheita, procede à separação das folhas antes de enviar a azeitona? Sesim, como? *

Sondagens de interesses (Agrícola)

9. Estaria interessado em fornecer amostras de resíduos de poda para análise dopotencial de conversão em biocombustível líquido (Bioetanol)? *

Marcar apenas uma opção.

- Sim
- Não
- Outra: _____

10. No caso de poder obter Bioetanol ou adubos orgânicos para melhoria da fertilidade do solo em troca de lenha de poda, qual preferia? *

Marcar apenas uma opção.

- Bioetanol
- Adubos orgânicos
- Nenhuma
- Outra: _____

11. No caso de poder obter cupões de desconto em gasolina ou adubos em troca de lenha de poda, qual preferia? *

Marcar apenas uma opção.

- Cupões de desconto em gasolina
- Adubos orgânicos
- Nenhuma
- Outra: _____

12. Preferia vender ou trocar a lenha de poda? *

Marcar apenas uma opção.

- Vender lenha de poda
- Trocar lenha de poda
- Nenhuma
- Outra: _____

13. Já ouviu falar ou sabe o que é Economia Circular? *

Marcar apenas uma opção.

- Sim
- Não

Outra: _____

14. Estaria disposto a vender ou trocar os resíduos gerados na sua exploração para conversão em biocombustíveis líquidos? *

Marcar apenas uma opção.

- Sim
- Não
- Outra: _____

Sector Agroindustrial

15. Tipo de Lagar: *

Marcar apenas uma opção.

- Extração tradicional
- Extração com método contínuo por centrifugação em 2 Fases
- Extração com método contínuo por centrifugação em 3 Fases

16. Qual a quantidade de azeitona laborada dos últimos anos? *
(2019,2018,2017,2016)
-

17. Qual a produção de azeite dos últimos anos? *
(2019,2018,2017,2016)
-

18. Quantitativos de Folhas de Oliveira das últimas campanhas: *
(2019,2018,2017,2016)
-

19. Qual foi o aproveitamento dado às Folhas de Oliveira nesse período? *
-

20. Qual a quantidade de Bagaço de Azeitona gerado nos anos anteriores à última campanha? *
(2019,2018,2017,2016)
-

21. Qual foi o aproveitamento dado Bagaço de Azeitona nesse período? *
-

Descaroçamento

22. Efetua separação do caroço da azeitona/bagaço? *

Marcar apenas uma opção.

Sim *Avançar para a pergunta 23*

Não *Avançar para a pergunta 25*

Outra: _____

Processamento de Caroços

23. Qual a quantidade de caroços gerados nas últimas campanhas? *
(2019,2018,2017,2016)

24. Qual o aproveitamento dado aos caroços de azeitona? *

Avançar para a pergunta 25

Sondagem Lagares

25. Há interesse do sector em fornecer os resíduos gerados na campanha com o objetivo de produção de biocombustíveis líquidos nomeadamente Bioetanol? *

Marcar apenas uma opção.

Sim

Não

Outra: _____

26. Já ouviu falar em Economia Circular? *

Marcar apenas uma opção.

Sim

Não

8.3. Resultados do Inquérito II ao sector Agroindustrial

Inquéritos **3**

Figura 78 - Número de inquéritos preenchidos por parte do sector agroindustrial no inquérito II.

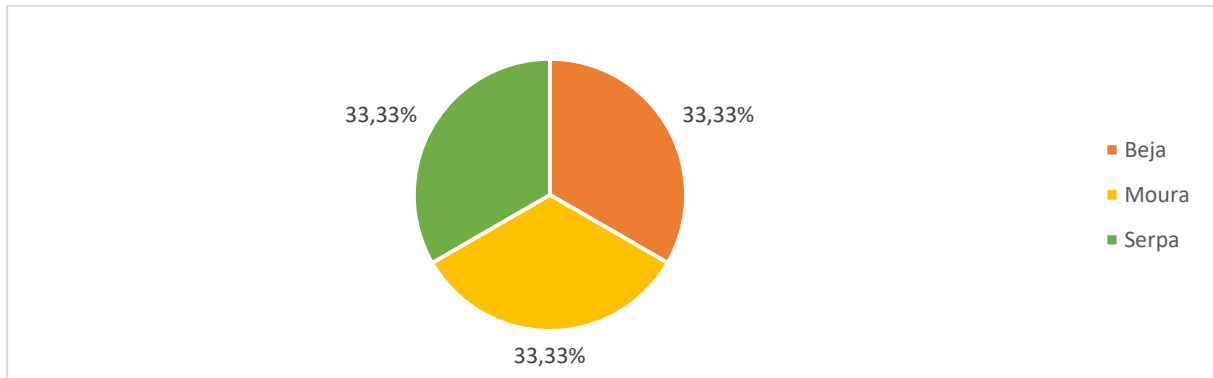


Figura 79 - Proveniência das respostas ao sector agroindustrial no inquérito II.

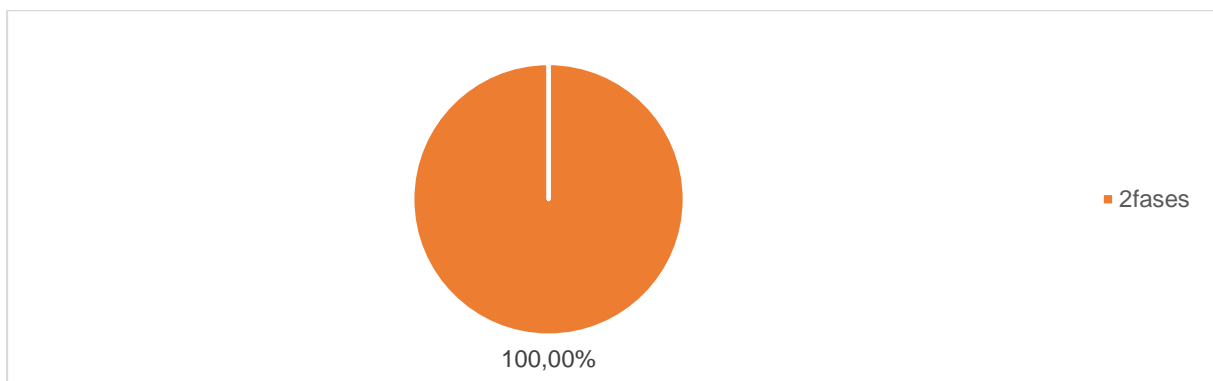


Figura 80 - Método de extração das respostas ao sector agroindustrial no inquérito II.

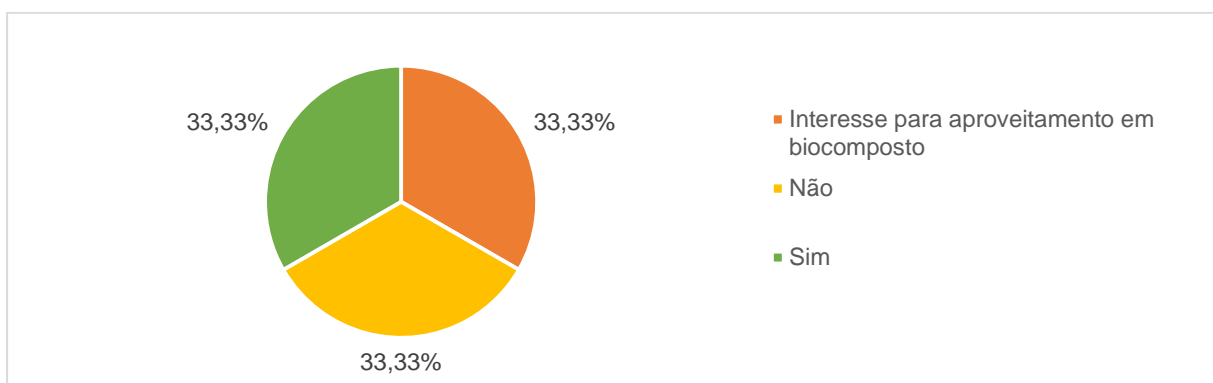


Figura 81 - Sondagem de interesse em fornecer subprodutos da produção de azeite para a produção de biocombustíveis líquidos.

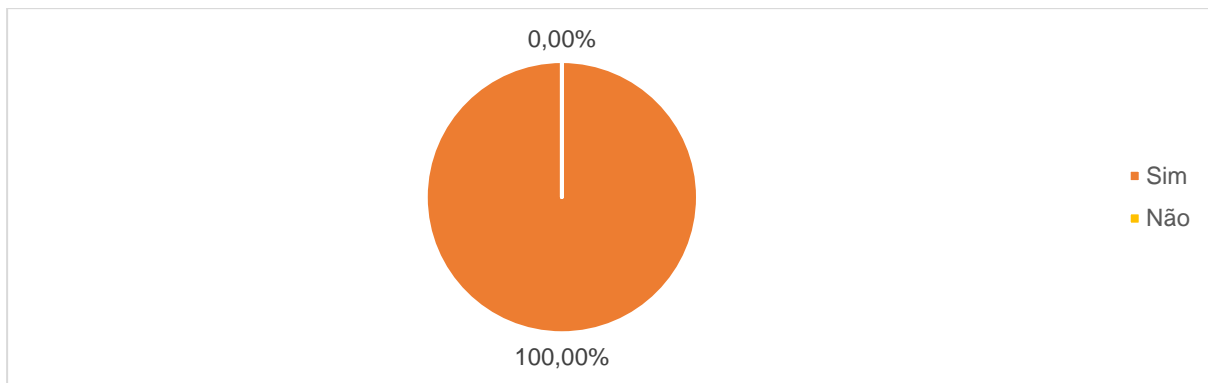


Figura 82 - Sondagem sobre o conhecimento do conceito de Economia Circular, no sector agroindustrial.