

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

LEONES HOFFMANN DA SILVA

**SECAGEM DO BAGAÇO DE AZEITONA (*Olea europaea* L.) PARA OBTENÇÃO E
CARACTERIZAÇÃO DE FARINHA**

BAGÉ

2021

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

S586s Silva, Leones Hoffmann da
SECAGEM DO BAGAÇO DE AZEITONA (Olea europaea L.)
PARA OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FARINHA / Leones
Hoffmann da Silva.

75 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)--
Universidade Federal do Pampa, ENGENHARIA DE
ALIMENTOS, 2021.

"Orientação: Catarina Motta de Moura".

1. Compostos Fenólicos. 2. Atividade
Antioxidante. 3. Granulometria. 4. Planejamento
experimental. I. Título.

LEONES HOFFMANN DA SILVA

**SECAGEM DO BAGAÇO DE AZEITONA (*Olea europaea* L.) PARA OBTENÇÃO E
CARACTERIZAÇÃO DE FARINHA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientadora: Prof^ª Dr.^a. Catarina Motta de Moura

Coorientador: Prof. Dr. Marcilio Machado Morais

Bagé

2021



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal do Pampa

LEONES HOFFMANN DA SILVA

**SECAGEM DO BAGAÇO DE AZEITONA (*Olea europaea* L.) PARA OBTENÇÃO E
CARACTERIZAÇÃO DE FARINHA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Alimento da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 07 de outubro de 2021

Banca examinadora:

Profa. Dra. Catarina Motta de Moura
UNIPAMPA

Prof. Dr. Marcilio Machado Morais
UNIPAMPA

Prof Dra. Gabriela Silveira da Rosa

UNIPAMPA

Prof Dr. Paulo Fernando Marques Duarte Filho

UNIPAMPA



Assinado eletronicamente por **PAULO FERNANDO MARQUES DUARTE FILHO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 08/10/2021, às 09:34, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **CATARINA MOTTA DE MOURA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 08/10/2021, às 09:39, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **GABRIELA SILVEIRA DA ROSA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 08/10/2021, às 09:56, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **MARCILIO MACHADO MORAIS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 08/10/2021, às 11:48, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 0633667 e o código CRC 1867716F.

Referência: Processo nº 23100.016969/2021-11 SEI nº 0633667

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela força e pelo apoio incondicional durante todo meu percurso na graduação.

Um agradecimento muito especial a minha família pelo apoio em momentos difíceis, pelos conselhos, ensinamentos, carinho e compreensão em momentos que eu estava completamente perdido, agradeço enormemente e sempre serei grato por isso, agradeço por sempre estarem comigo, pelo apoio financeiro (kkkk) pelos puxões de orelha e por tudo que de alguma forma me fizeram chegar até esse momento.

Agraço imensamente aos meus orientadores Catarina e Marcilio pelos conselhos e ensinamentos não somente durante a realização do trabalho, mas em toda a graduação.

Agradeço aos meus professores no geral que de alguma forma ajudaram a minha caminhada até aqui.

Um agradecimento as minhas colegas Bruna e Karen por muitas vezes “me carregarem” na realização de trabalhos e pelo seu companheirismo durante a graduação.

Agradeço a Fernanda Brazeiro pelo apoio emocional em um momento muito complicado, o meu muito obrigado.

Um agradecimento muito especial a uma das pessoas mais importantes da minha vida Gisele Munawek e Moura por estar sempre comigo independente do momento em que eu me encontrava, saiba que não tenho muitas palavras para agradecer por tudo.

Enfim, agradeço a todos que cruzaram meu caminho que em algum momento fizeram parte da minha caminhada.

RESUMO

A oliveira (*Olea europaea* L.) é uma planta pertencente à família *Oleaceae*. Devido a sua estrutura xerofítica possui um bom desenvolvimento em regiões que possuem clima quente e seco. O bagaço da azeitona é o principal subproduto obtido da extração do azeite de oliva, cujos resíduos gerados no processo industrial da azeitona demandam uma melhor gestão, sendo que a melhor estratégia para isso é a diminuição dos mesmos e utilização desses em produtos que gerem um maior valor agregado a este coproduto. Assim, surgem como alternativas o seu aproveitamento como material de compostagem agrícola, na produção energética industrial e o seu uso na alimentação de animais e humanos, sendo que neste último caso, o material deve ser seco. A secagem é uma operação unitária que visa primeiramente a redução da atividade de água, inibindo assim o crescimento de micro-organismos e reduzindo a atividade enzimática, o que aumenta a vida útil do produto seco. Neste contexto, o presente trabalho de conclusão de curso teve como objetivo avaliar a secagem do bagaço de azeitona em um secador com escoamento perpendicular do ar para obtenção de farinha da polpa. Através da técnica de planejamento experimental fatorial 2^2 com tréplica no ponto central, foram estudados os efeitos dos parâmetros temperatura (50, 60 e 70°C) e velocidade do ar de secagem (1,0; 1,5 e 2,0 m/s) nas características do bagaço de azeitona seco. A influência destes parâmetros foi investigada pela quantificação dos compostos bioativos e umidade do produto seco. A farinha obtida da polpa seca na melhor condição de secagem foi caracterizada em relação à composição centesimal, compostos bioativos, carotenoides totais (C.T), atividade de água (a_w), índice de solubilidade em água (ISA), índice de absorção de água (IAA), tamanho de partícula (granulometria) e massa específica real. Na caracterização do bagaço *in natura* foram encontrados valores de umidade, cinzas, proteínas, lipídios, fibras e carboidratos de $65,07 \pm 0,73\%$ (b.u.); $3,75 \pm 0,0\%$; $4,19 \pm 1,02\%$; $19,94 \pm 0,04\%$; $22,25 \pm 3,75\%$ e $45,33 \pm 3,70\%$, respectivamente. Com relação aos compostos bioativos encontrou-se $45,33 \pm 3,70$ mg ácido gálico/100g amostra para CFT, $73,70 \pm 0,53\%$ para AA e $29,97 \pm 1,30$ µg/g, para C.T. A farinha da polpa do bagaço da azeitona foi elaborada na condição de secagem que forneceu uma menor perda de compostos bioativos e menor tempo de secagem, sendo esta na temperatura de 70°C e velocidade do ar de secagem de 1 m/s. Os valores de umidade, cinzas, proteínas, lipídios, fibras e carboidratos para a farinha obtida foram de $8,48 \pm 0,05\%$ (b.u.), $3,45 \pm 0,12\%$, $6,75 \pm 0,80\%$, $26,72 \pm 0,68\%$, $40,18 \pm 2,45\%$ e $14,42 \pm 4,10\%$, respectivamente. Já para as características físicas encontraram-se valores para atividade de água, índice de solubilidade, índice de absorção, tamanho de partícula e massa específica real de $0,601 \pm 0,60$, $34,65 \pm 0,75\%$,

0,87±0,02 g/g, 97,96±1,68 µm e 1,266±0,001 g/cm³, respectivamente. Os resultados encontrados sugerem o potencial da farinha da polpa do bagaço de azeitona na formulação de produtos alimentícios, dando ênfase aos seus teores de fibras e compostos bioativos.

Palavras-Chave: Compostos Fenólicos. Atividade Antioxidante. Granulometria. Planejamento experimental.

ABSTRACT

The olive tree (*Olea europaea* L.) is a plant belonging to the *Oleaceae* family. Due to its xerophytic structure, it has a good development in regions that have a hot and dry climate. Olive pomace is the main by-product obtained from the extraction of olive oil, whose residues generated in the industrial process of olives require better management, and the best strategy for this is to reduce them and use these in products that generate a greater added value to this co-product. Thus, its use as agricultural compost material, in industrial energy production and its use in animal and human feed emerge as alternatives, in the latter case, the material must be dry. Drying is a unitary operation aimed primarily at reducing water activity, thus inhibiting the growth of microorganisms and reducing enzymatic activity, which increases the shelf life of the dry product. In this context, this course conclusion work aimed to evaluate the drying of olive pomace in a dryer with perpendicular air flow to obtain pulp flour. Through the 2² factorial experimental design technique with rejoinder at the central point, the effects of the temperature (50, 60 and 70°C) parameters were studied and drying air speed (1.0, 1.5 and 2.0 m/s) in the characteristics of dried olive pomace. The influence of these parameters was investigated by the quantification of bioactive compounds and dried product moisture. The flour obtained from the dried pulp in the best drying condition was characterized in relation to proximate composition, bioactive compounds, total carotenoids (CT), water activity (*a_w*), water solubility index (ISA), water absorption index (IAA), particle size (granulometry) and real specific mass. In the characterization of fresh bagasse, values of moisture, ash, proteins, lipids, fibers and carbohydrates of 65.07±0.73% (wb) were found; 3.75±0.0%; 4.19±1.02%; 19.94±0.04%; 22.25±3.75% and 45.33±3.70%, respectively. Regarding bioactive compounds, 45.33±3.70 mg gallic acid/100 g for CFT, 73.70±0.53% for AA and 29.97±1.30 µg/g for C.T. The flour from the pulp of the olive pomace was prepared in the drying condition which provided a lower loss of bioactive compounds and shorter drying time, at a temperature of 70°C and drying air speed of 1 m/s. The values of moisture, ash, proteins, lipids, fibers and carbohydrates for the flour obtained were 8.48±0.05% (bu), 3.45±0.12%, 6.75±0.80%, 26.72±0.68%, 40.18±2.45% and 14.42±4.10%, respectively. As for the physical characteristics, values were found for water activity, solubility index, absorption index, particle size and real density of 0.601±0.60, 34.65±0.75%, 0.87±0.02 g/g, 97.96±1.68 µm and 1.266±0.001 g/cm³, respectively. The results found suggest the potential of the olive pomace pulp flour in the formulation of food products, emphasizing its fiber content and bioactive compounds.

Keywords: Antioxidant activity. Experimental design. Granulometry. Phenolic Compounds.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Árvores de Oliveira (<i>Olea europaea</i> L.) cultivada em um olival.	21
Figura 2 - Fluxograma da extração do azeite de oliva e seus respectivos resíduos gerados.	24
Figura 3 - Estrutura química básica dos principais compostos fenólicos.	28
Figura 4 - Estrutura molecular de alguns carotenoides.	29
Figura 5 - Diagrama da migração de umidade no interior de um sólido.	31
Figura 6 - Curva típica da cinética de secagem.	32
Figura 7 - Curva genérica da taxa de secagem em função do teor de umidade do material.	33
Figura 8 - Imagem fotográfica do bagaço de azeitona in natura congelado.	39
Figura 9 - Fluxograma da metodologia experimental.	40
Figura 10 - Secador de fluxo de ar perpendicular utilizado nos experimentos de secagem.	43
Figura 11 - Curvas das cinéticas de secagem obtidas a partir do delineamento experimental.	49
Figura 12 - Curvas das taxas de secagens obtidas a partir do delineamento experimental.	50
Figura 13 - Curvas das taxas de secagens do ponto central do delineamento experimental.	51
Figura 14 - Diagrama de Pareto para atividade antioxidante (AA).	55
Figura 15 - Diagrama de Pareto para compostos fenólico totais (CFT).	56
Figura 16 - Diagrama de Pareto para carotenoides (C.T).	57
Figura 17 - Aspecto visual da farinha da polpa do bagaço da azeitona.	60
Figura 18 - Distribuição granulométrica da farinha da polpa do bagaço da azeitona.	62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Produtos obtidos a partir de farinhas de fontes não convencionais.

37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de resíduos obtidos na extração do azeite.	24
Tabela 2 - Delineamento experimental da secagem do bagaço de azeitona.	44
Tabela 3 - Composição centesimal e bioativa do bagaço de azeitona <i>in natura</i> .	47
Tabela 4 – Resultados do tempo de secagem, X_{bu} , AA, CFT e CT do bagaço de azeitona.	53
Tabela 5 - Resultados da composição centesimal da farinha do bagaço de azeitona seco.	58
Tabela 6 - Características físicas da farinha da polpa do bagaço da azeitona.	60

LISTA DE NOMENCLATURA E SIGLAS

AA - Atividade Antioxidante	%
b.s – base seca	-
b.u - base úmida	-
CFT - Compostos Fenólicos Totais	$\text{mg}_{\text{ácido gálico}}/100\text{g}_{\text{amostra}}$
COI - Conselho Oleícola Internacional	-
C.T - Conteúdo de Carotenoides	$\mu\text{g/g}$
D_p - Diâmetro de partícula	μm
EUA - Estados Unidos da América	-
DPPH - 1,1-difenil-2-picrilhidrazil	-
FAO - A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura	-
ISA - Índices de solubilidade em água	%
IAA - Índice de absorção de água	g/g

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 Justificativa e Histórico	18
2. OBJETIVO GERAL	20
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
3 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA	21
3.1 A oliveira	21
3.2 Resíduos da produção oleícola	23
3.3 Compostos Bioativos e Atividade Antioxidante	26
3.3.1 Compostos Fenólicos	26
3.3.2 Carotenoides	29
3.4 Fundamentos de Secagem	29
3.5 Liofilização	34
3.6 Farinhas não convencionais	35
4 METODOLOGIA	39
4.1 Matéria-prima	39
4.2 Metodologia experimental	39
4.2.1 Caracterização da matéria-prima	40
4.2.1.1 Composição centesimal	40
4.2.1.2 Atividade antioxidante (AA)	41
4.2.1.3 Compostos fenólicos totais (CFT)	41
4.2.1.4 Carotenoides (CT)	42
4.2.2 Liofilização	42
4.2.3 Secagem convectiva	43
4.2.4 Obtenção da farinha da polpa seca	44
4.2.5 Caracterização da farinha obtida da polpa	45
4.2.5.1 Composição centesimal	45
4.2.5.2 Atividade de água (a_w)	45
4.2.5.3 Índice de solubilidade em água (%ISA) e Índice de absorção de água (IAA)	45

4.2.5.4 Caracterização física da farinha obtida da polpa do bagaço de azeitona seco	46
5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	46
5.1 Composição centesimal do bagaço <i>in natura</i> e composição de compostos bioativos	46
5.2 Experimentos de secagem	49
5.3 Composição de compostos bioativos para diferentes parâmetros de secagem	52
5.4 Influência das variáveis estudadas na secagem	54
5.5 Caracterização da farinha obtida na melhor condição de secagem	57
6 CONCLUSÃO	63
7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	64
REFERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO

A oliveira (*Olea europaea* L.) é uma planta angiosperma dicotiledônea pertencente à família *Oleaceae*. Devido a sua estrutura xerofítica possui um bom desenvolvimento em regiões que possuem clima com verões quentes de longa duração e secos, características estas de um clima mediterrâneo (ALBIM; VILLAMIL, 2003). A oliveira é responsável pela produção do fruto chamado de azeitona, o qual pode ser utilizado para a obtenção de azeite com o auxílio de operações unitárias como a prensagem, centrifugação e filtração (DUARTE, 2011). Durante o processamento para extração do azeite dos frutos há a geração de subprodutos como o bagaço da azeitona, águas residuais (ROIG *et al.*, 2006) e folhas oriundas do processo de poda das árvores (MOLINA-ALCAIDE; MARTIN-GARCIA, 2011).

O bagaço da azeitona é o principal subproduto obtido da extração do azeite. Ele é constituído pela água de constituição da azeitona, águas de adição e lavagem e por materiais biológicos sólidos. A quantidade de água presente no bagaço depende, dentre outros fatores, do sistema de extração utilizado. A indústria oleícola mundial produz anualmente cerca de 4,6 milhões de toneladas de águas ruças e 7 milhões de toneladas de bagaço, estes resíduos são constituídos por compostos voláteis, grande quantidade de matéria orgânica e uma vasta quantidade de nutrientes recicláveis, apesar disto, estes subprodutos merecem uma atenção especial devido à relativa toxicidade de seus componentes para as plantas, solos e águas (OREOPOULO, 2007).

Os resíduos gerados no processo industrial da azeitona exigem uma melhor gestão, sendo que a melhor estratégia para isso é a diminuição e o aproveitamento dos mesmos no desenvolvimento de produtos de maior valor agregado. Assim, surgem alternativas como o seu uso na alimentação de animais e humanos, na produção energética industrial e no seu aproveitamento como material de compostagem agrícola (VALUE, 2012). Uma das grandes dificuldades da utilização destes resíduos na formulação de dietas para animais e seres humanos se deve a uma grande variação da composição destes subprodutos ocasionada por fatores como geolocalização, ano da safra, clima, solo, entre outros (ALCAIDE *et al.*, 2010). Além disso, seu uso requer cuidados devido ao fato destes subprodutos serem constituídos por teores de proteínas relativamente baixos, altos teores de fibras e serem ricos em ácidos oleicos e taninos, o que torna a sua digestibilidade muito variável (MARTIN-GARCIA *et al.*, 2003). Como o teor de umidade do bagaço de azeitona é relativamente alto (35 a 60%), é necessária a operação unitária de secagem para redução da atividade de água no material, a fim de que este coproduto seja utilizado para obtenção de produtos de maior valor agregado como as farinhas.

A secagem é uma operação unitária que visa em primeiro lugar a redução da atividade de água, inibindo assim o crescimento de micro-organismos e reduzindo a atividade enzimática a níveis aceitáveis, ambas objetivam o aumento da vida de prateleira do produto seco (FELLOWS, 2006). Normalmente, é utilizado ar quente como agente secante. Durante a secagem, normalmente são utilizadas temperaturas relativamente elevadas, logo, deve-se tomar cuidado com o seu emprego, pois esse processo pode levar à degradação e oxidação de alguns compostos (TONON *et al.*, 2006), o que pode causar alterações tanto no quesito qualidade como no quesito valor nutricional. Sendo assim, é fundamental uma avaliação mais aprimorada do processo de secagem, relacionada ao tipo de equipamento utilizado, bem como às condições de operação (velocidade e temperatura da corrente de ar) (FELLOWS, 2006).

Com isso, o presente trabalho se justifica no sentido de propor o reaproveitamento de resíduos da olivicultura, a fim de promover um aumento no seu valor agregado. Desde o ano de 2014, no Laboratório do projeto "Desenvolvimento Tecnológico Aplicado aos Olivais da Região da Campanha" e no Grupo de Pesquisa Engenharia de Processos em Sistemas Particulados, da Universidade Federal do Pampa – Campus Bagé, vem sendo desenvolvidas pesquisas na área de reaproveitamento de resíduos vegetais da olivicultura, seja na área de secagem deste resíduo para obtenção de farinha e/ou na elaboração de matrizes poliméricas biodegradáveis (MARTINY *et al.*, 2020; SANTOS, 2019).

1.1 Justificativa e Histórico

A Região da Campanha Gaúcha tem se destacado no cultivo de oliveiras. Em 2012 as prefeituras de Bagé, Aceguá, Candiota, Hulha Negra, Caçapava do Sul e Pinheiro Machado lançaram o projeto "Olivais do Pampa" que visava diversificar a agricultura da região. O projeto faz parte do programa de cooperação entre Brasil e Itália, implantado pela Prefeitura de Bagé, parceria entre os governos municipal, estadual, federal e italiano (BAGÉ, 2013).

A olivicultura em expansão na região pode ser de grande valor econômico, proporcionando aumento de renda e emprego nas cidades e no campo, reduzindo o êxodo rural e melhorando a qualidade de vida dos trabalhadores rurais. Segundo Scarton (2020), a safra de azeitonas no Rio Grande do Sul atingiu no ano de 2019 cerca de 1,55 mil toneladas de azeitonas para produção de azeite, gerando 188 mil litros do produto extravirgem.

Em 2014 a Secretaria de Ciência, Inovação e Desenvolvimento Tecnológico do estado do Rio grande do Sul (SDECT), lançou o Programa de Apoio aos Polos Tecnológicos, buscando o crescimento de diversas regiões do estado, a partir disso docentes dos cursos de Engenharia de Alimentos e Engenharia Química da Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA Campus

Bagé - aprovaram o projeto “Desenvolvimento tecnológico e inovação aplicados aos olivais da Região da Campanha” com objetivo de aprimorar tecnologias, processos e desenvolver novos produtos alavancando o desenvolvimento socioeconômico da região. Com isso foi e está sendo possível desenvolver pesquisas relacionadas à olivicultura que são de extrema importância para o desenvolvimento desta matriz produtiva na região.

O Laboratório do projeto “Desenvolvimento tecnológico e inovação aplicados aos olivais da Região da Campanha”, desde 2015 vem elaborando estudos em vista do azeite produzido na região, além de estudos do aproveitamento de resíduos gerados pela indústria oleícola. Estes estudos vão desde a extração e caracterização do azeite, desenvolvimento de novos produtos alimentícios, tais como, melhoramento do processo de extração do azeite (PAZ, 2019), aproveitamento dos resíduos gerados durante a produção do azeite e cultivo de oliveiras (FARIAS, 2018), nas formulações de ração animal (HOCH, 2017), tratamento de efluentes (BIRON, 2016), farinhas do resíduo da extração do azeite de oliva (SANTOS, 2019), extrato de folhas de oliveira, entre outros, gerando vários trabalhos de conclusão de curso, dissertações de mestrado e tese de doutorado.

2. OBJETIVO GERAL

O presente trabalho de conclusão de curso teve como objetivo principal avaliar a secagem do bagaço de azeitona em um secador com escoamento perpendicular do ar para obtenção e caracterização de farinha da polpa seca na melhor condição de secagem.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar o bagaço de oliveira *in natura*, quanto à sua composição centesimal, atividade antioxidante (AA), compostos fenólicos totais (CFT) e carotenoides totais (CT);
- Avaliar a secagem do bagaço de azeitona (constituído de caroço e polpa) com o auxílio de um planejamento experimental e verificar a influência dos parâmetros temperatura e velocidade do ar sobre a umidade e os compostos bioativos do produto seco;
- Obter a farinha da polpa a partir da melhor condição de secagem do bagaço de azeitona, com posterior separação pneumática das frações secas e moagem;
- Caracterizar e comparar a farinha obtida da polpa do bagaço seco na melhor condição da secagem convectiva com a obtida a partir do bagaço liofilizado com relação à composição centesimal, atividade de água (a_w), índice de solubilidade em água (ISA), o índice de absorção de água (IAA), tamanho de partícula (granulometria) e massa específica real.

3 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A oliveira

A oliveira (*Olea europaea* L.) (Figura 1) é uma dicotiledônia que pertence à família *Oleaceae*, sendo a única espécie desta família que produz frutos comestíveis (RAMALHEIRO, 2009). Porém, seu fruto é considerado impróprio para consumo *in natura*, pois possui em sua composição teores elevados de oleuropeína, um glicosídeo que está presente naturalmente nos frutos e é responsável pelo seu sabor amargo (ARROYO-LÓPEZ *et al.*, 2008). A oliveira é uma planta polimórfica de porte médio que apresenta no máximo 10 m de altura, com troncos tortuosos de formato arredondado e folhas de cor verde-acinzentado (PIMENTEL 2010; JESUS 2013; SILVA 2011), suas raízes podem atingir 6 m de profundidade, sendo assim, podem captar elementos do solo para sua sobrevivência; a oliveira se diferencia de outras espécies por resistir a períodos de seca prolongada (ARANTES, 2008).

Figura 1 - Árvores de Oliveira (*Olea europea* L.) cultivada em um olival.



Fonte: Globo (2015)

A oliveira é uma das plantas cultivadas mais antigas da humanidade, ela foi introduzida na região do mediterrâneo por fenícios e sírios, sendo utilizada tanto para alimentação como para fins medicinais (MANDARINO; ROESSING; BENASSI, 2005). Com a chegada dos europeus na América no ano de 1492, a planta “ultrapassou” os limites do mediterrâneo e começou a ser cultivada em países como México, Estados Unidos, Chile e Argentina e posteriormente, no Brasil. A sua expansão se deu principalmente em regiões com condições semelhantes às encontradas no mediterrâneo (WREGE *et al.*, 2015).

No Brasil, a oliveira foi introduzida a mais de dois séculos atrás pelos imigrantes europeus sem fins comerciais, onde a planta pode ser encontrada com maior frequência nas regiões sul e sudeste do país (Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Paraná, Minas Gerais e São Paulo (COUTINHO; RIBEIRO; CAPPELLARO, 2009).

No ano de 1948, a olivicultura foi inserida oficialmente no Rio Grande do Sul com o apoio governamental, que criou um órgão denominado Serviço Oleícola, que tinha como objetivo orientar os trabalhos de fomento à pesquisa, distribuindo 300 mil mudas em várias regiões, além de isentar o imposto territorial e distribuir prêmios, cerca de CR\$ 500,00 por hectare para cada plantador que tivesse contribuído para o plantio dos primeiros 1.000 hectares no RS. Porém, devido à falta de embasamento técnico, os olivais plantados não possuíam uma boa qualidade e aos poucos foram desaparecendo, sobrando poucos dessa época (EMBRAPA, 2009).

Existe uma grande gama de cultivares, com características próprias e resistência a estresses que permitem o plantio da oliveira em vários locais do planeta. No estado do Rio Grande do Sul várias cultivares podem ser cultivadas, entre elas destaca-se a Arbequina, Manzanilla e Picual (COUTINHO; RIBEIRO; CAPPELLARO, 2009).

O fruto da oliveira denominado de azeitona é um fruto de pequeno porte, na forma helicoidal, que mede em média de 1 a 4 cm de comprimento e 0,6 a 2 cm de diâmetro. Após o completo desenvolvimento, o fruto apresenta a composição de 60 a 90% de polpa (epicarpo + mesocarpo), 10 a 40% de caroço e 1 a 2% de semente em relação à sua massa total (CUSTÓDIO, 2009). A azeitona é constituída em média por 50% de água, 1,6% de proteína, 22% de óleo, 19,1% de carboidratos, 5,8% de celulose e 1,5% de minerais (MANDARINO; ROESSING; BENASSI, 2005).

A operação de extração de azeite dos frutos está bastante enraizada e representada em países da região do mediterrâneo, os quais são responsáveis pela maior parcela da produção mundial oleícola, representando cerca de 95% do total (COI, 2014).

Durante o processamento de azeitonas, tanto para o processamento de conservas como para a produção de azeites, há geração de uma grande quantidade de subprodutos sólidos e líquidos, sendo que estes subprodutos devem ter um correto destino, ou seja, devem ser tratados ou reaproveitados, principalmente por fatores ligados a possíveis danos ambientais que seu incorreto direcionamento pode causar (MORE, 2008).

3.2 Resíduos da produção oleícola

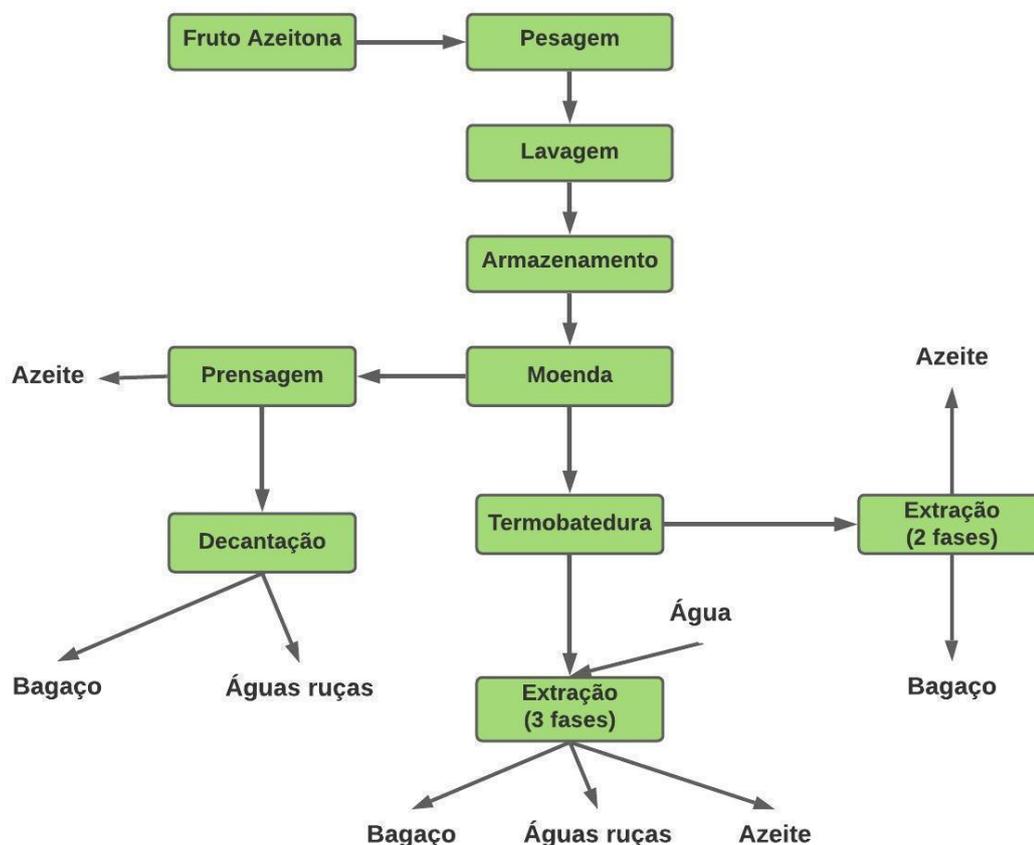
De acordo com o *Centre D'Initiative Pour la Production Prope- CIPP* (2000), a partir de 100 kg de azeitona são produzidos em média 20 kg de azeite, sendo que essa proporção pode variar dependendo do sistema de extração. As características físico-químicas dos resíduos da extração do azeite variam de acordo com o método de extração, do seu tratamento subsequente, da variedade da oliva e das condições ambientais ligadas à produção (VERA *et al.*, 2009).

O principal resíduo oriundo da atividade oleícola se dá durante a extração do azeite, esse resíduo da extração também chamado de bagaço é composto pela polpa (mesocarpo), casca do fruto (epicarpo), água e partes do caroço triturado. Durante o processo de extração do azeite, para cada 1000 kg de azeitona são gerados em média cerca de 800 kg de resíduos e 200 kg de azeite (ALCAIDE *et al.*, 2010).

Os resíduos provenientes da extração do azeite possuem características físico-químicas variáveis, pois essas características estão intimamente ligadas ao método de extração, assim como às condições ambientais de cultivo e ao cultivar da azeitona. A constituição principal desses resíduos são lipídios, pectinas, polifenóis, polialcoois, compostos nitrogenados, açúcares e ácidos voláteis (LAFKA *et al.*, 2011). Os principais resíduos provenientes da extração de azeite podem ser classificados em sólidos e líquidos, onde os resíduos sólidos são provenientes do processamento de prensagem, terras e pedras do processo de limpeza dos frutos, já os líquidos são gerados durante o processo de limpeza (MEDEIROS *et al.*, 2016).

Basicamente, existem três sistemas de extração de azeite comumente utilizados na indústria: tradicional (sem adição de água), de três fases e o de duas fases como podemos ver na Figura 2. O sistema de 3 fases envolve a adição de grandes quantidades de água (cerca de 50 L/100 kg pasta de azeitona), resultando numa produção de águas ruças de cerca de 30 milhões m³ só a nível europeu. Este fato levou à criação de legislação (Despacho 626 - junho 2000) que obriga o tratamento deste tipo de resíduo antes da sua descarga nos meios hídricos ou no solo (DUARTE, 2011).

Figura 2 - Fluxograma da extração do azeite de oliva e seus respectivos resíduos gerados.



Fonte: Adaptado de Böhmer (2018).

Entre os sistemas de extração do azeite, o sistema de centrifugação de duas fases posiciona-se como o mais "ambientalmente amigável", uma vez que gera um único resíduo, o bagaço de azeitona úmido. O consumo de água durante o processo é reduzido, logo, os efluentes líquidos também serão reduzidos ou mesmo inexistentes (DUARTE, 2011). Na Tabela 1 são apresentados dados a respeito da quantidade de resíduos líquidos (água ruça) emitidos durante a extração do azeite em cada um dos três sistemas.

Tabela 1 - Quantidade de resíduos obtidos na extração do azeite.

Sistema de Extração	Bagaço da Azeitona (kg)	Águas Ruças (m ³)
Prensas (tradicional)	400	0,6
Contínuo de 2 fases	800-950	0,12
Contínuo de 3 fases	500-600	1,0-1,2

Fonte: Adaptado de Sempiterno; Fernandes (2014)

O bagaço de azeitona compreende a água de constituição da azeitona, a água de adição e lavagem e uma percentagem variável de produto sólido (30 a 35% de película e polpa e 30 a 35% de pedaços de caroço). A quantidade de água presente neste subproduto depende muito dos sistemas de extração utilizados. O bagaço resultante do sistema tradicional tem cerca de 35% de umidade, enquanto que, nos sistemas de centrifugação de três e duas fases o teor de umidade é de 60% e 40-50%, respetivamente (BRITO, 2016).

O processamento industrial de azeitonas pode gerar grandes quantidades de subprodutos, que podem ser utilizados na nutrição animal. Contudo, o alto teor de água e de azeite residual, em alguns casos, dificulta a utilização desse material para tal finalidade. Outra grande dificuldade para a utilização dos resíduos na formulação de dietas animais é a grande variação nos componentes do resíduo, afetadas diretamente por inúmeros fatores, como ano de safra, origem geográfica, teor de componentes físicos e grau de contaminação deste composto, em função do contato das azeitonas com o solo no momento da colheita (ALCAIDE *et al.*, 2012).

O aproveitamento de resíduos orgânicos vem despertando o interesse tanto da indústria quanto da ciência, por gerar significativo volume de descarte e causar poluição no meio ambiente. Pesquisadores em todo o país estão investindo no desenvolvimento de novos produtos a partir desses resíduos e partes alimentícias não convencionais, contribuindo para a produção de alimentos saudáveis, nutritivos e com menor impacto negativo para o meio ambiente (FAO, 2014).

Os subprodutos gerados na indústria oleícola têm se mostrado uma fonte promissora de compostos fenólicos dada sua importância como agente antioxidante (BLASA *et al.*, 2007; JAVANMARDI *et al.*, 2002). O interesse em valorizar esses produtos vem crescendo nos últimos anos, não somente por questões ambientais, mas também pelas questões nutricionais. Neste sentido, estão sendo conduzidos diversos estudos para entender o papel do elevado número de compostos presentes nesses subprodutos no que se refere aos seus efeitos e benefícios (BRITO, 2016).

Embora as vias tradicionais para a valorização dos resíduos sólidos obtidos na extração do azeite, seja a alimentação animal, a incineração e a compostagem, estas valorizações nem sempre demonstram eficiência e podem acarretar custos elevados para as empresas (DUARTE *et al.*, 2007). Por estas razões, e atendendo às características específicas dos subprodutos da extração do azeite (presença de grandes quantidades de compostos fotoquímicos com atividade antioxidante), é cada vez mais importante o desenvolvimento de alternativas viáveis para a extração e valorização desses compostos (BRITO, 2016).

3.3 Compostos Bioativos e Atividade Antioxidante

Os compostos bioativos podem ser definidos como nutrientes e/ou não nutrientes com ação metabólica ou fisiológica específica. Estas substâncias podem exercer seus efeitos agindo como antioxidantes, ativando certas enzimas, bloqueando a atividade de toxinas virais ou antibacterianas, inibindo a absorção de colesterol, diminuindo a agregação plaquetária ou destruindo bactérias gastrointestinais nocivas (QUEIROZ, 2012).

Os compostos bioativos são considerados metabólitos secundários das plantas, esses compostos desempenham um importante papel na proteção contra pragas, na resistência contra doenças e na disseminação da espécie. O interesse nestes compostos está crescendo a cada ano devido a sua relação com propriedades antioxidantes e seus benefícios à saúde (SILVA *et al.*, 2006).

Os antioxidantes são compostos que quando presentes nos alimentos em determinadas concentrações podem retardar ou até inibir a oxidação de substratos oxidáveis, tais como, proteínas e lipídeos (HALLIWELL, 2001). Os antioxidantes possuem um importante papel na defesa do organismo contra os radicais livres, sendo assim seu papel fundamental se dá pela redução do risco de surgirem doenças como problemas cardiovasculares, doenças neurodegenerativas, etc., que são as principais doenças causadas pelo efeito dos radicais livres (KALIORA; DEDOUSSIS, 2007).

3.3.1 Compostos Fenólicos

Compostos fenólicos são metabólitos secundários sintetizados pelas plantas durante seu desenvolvimento em resposta às condições de estresse da planta. Esses compostos possuem um grupo fenol (um grupamento hidroxila ligado a um anel aromático). Os fenóis de origem vegetal constituem um grupo quimicamente heterogêneo, alguns solúveis em água e outros solúveis somente em ácidos orgânicos e ainda outros que são polímeros (DAMODARAN *et al.*, 2010; TAIZ; ZEIGER, 2006).

Devido ao fato de que as azeitonas possuem um complexo perfil fenólico indicando quantidades apreciáveis de compostos fenólicos, os produtos e subprodutos da azeitona são alvo de um grande número de investigação acerca desses compostos (CARDOSO *et al.*, 2005), que possui um papel muito importante nas suas propriedades químicas, sensoriais e nutricionais (RODRÍGUEZ *et al.*, 2008; BEN OTHMAN *et al.*, 2009). De maneira geral, os compostos fenólicos são encontrados em sua maioria na pele (epicarpo) e na polpa (endocarpo) das azeitonas (CHAROENPRASERT; MITCHELL, 2012).

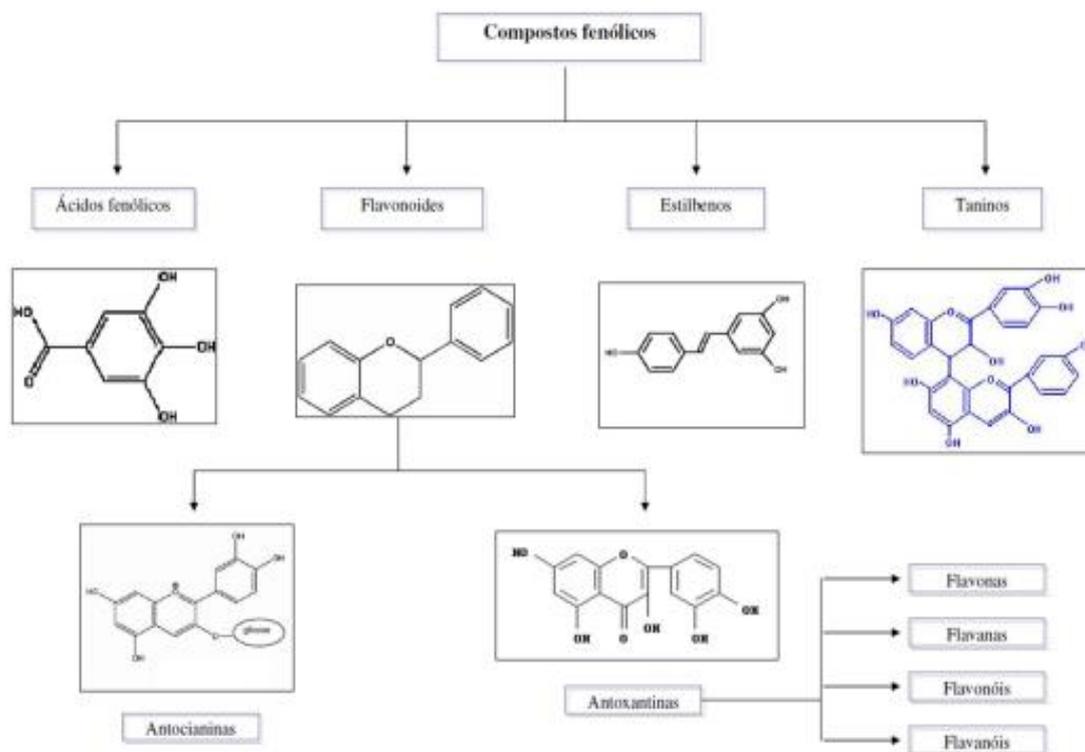
Ácidos fenólicos são as formas mais simples de compostos fenólicos na azeitona (SOARES, 2002). Eles podem ser divididos em ácidos hidroxibenzoicos, que incluem o ácido siríngico, o ácido vanílico e o ácido gálico, e em ácidos hidroxicinâmicos que compreendem o ácido cafeico, o ácido ferúlico e o ácido sinápico (GHANBARI *et al.*, 2012).

O bagaço obtido do processamento da extração de azeite é composto por cerca de 98% do conteúdo total dos compostos fenólicos presentes nas azeitonas inteiras, sendo que os 2% restantes migram para o azeite (ALÚDATT *et al.*, 2010). Sendo assim, as quantidades de compostos antioxidantes nos resíduos da extração superam o conteúdo encontrado no azeite de oliva (SÁNCHEZ DE MEDINA, PRIEGO-CAPOTE e LUQUE DE CASTRO, 2012), razão pela qual reforça a grande importância do aproveitamento dos coprodutos gerados no processamento da azeitona.

Os compostos fenólicos podem atuar como antioxidantes por diferentes vias, tais como eliminação de radicais livres, pela absorção de radicais de oxigênio e como quelantes de íons metálicos. Além disso, apresentam atividade farmacológica, inibindo a oxidação lipídica e a proliferação de fungos e ainda participam nos processos responsáveis pela cor, adstringência e aroma de vários alimentos (SOUTINHO, 2012).

De acordo com Alútatt *et al.* (2010), os principais compostos fenólicos encontrados nos resíduos sólidos da extração do azeite de oliva são o hidroxitirosol, tirosol, oleuropeína, ácido cafeico, ácido p-coumárico, ácido vanílico, ácido elenólico, cotecol e rutina. A quantidade e o tipo desses compostos fenólicos dependem de fatores como cultivar, o grau de maturação dos frutos, condições climáticas durante o desenvolvimento do fruto, tempo de armazenamento dos frutos após a colheita e a da técnica de processamento utilizada na extração. Na Figura 3 são apresentadas as estruturas básicas de alguns compostos fenólicos.

Figura 3 - Estrutura química básica dos principais compostos fenólicos.



Fonte: Adaptado de Han *et al.*, (2007)

O hidroxitirosol é um dos compostos fenólicos presentes na azeitona mais estudados; ele é um dos componentes hidroxiaromáticos dos secoiridóides, sendo um orto-difenol alcoólico muito bioativo. O hidroxitirosol possui atividade antioxidante e antimicrobiana, sendo este responsável por benefícios ao sistema cardiovascular. Este composto é dificilmente encontrado na forma livre, sendo encontrado em azeitonas com elevado grau de maturação decorrente da hidrólise enzimática pelas enzimas beta-glicosidase e esterase da oleuropeína (DE LEONARDIS *et al.*, 2008).

A oleuropeína é um secoiridóide glicosilado que está presente em azeitonas verdes, esse composto contribui de maneira significativa no amargor característico das azeitonas (ROMERO *et al.*, 2004a; SILVA *et al.*, 2006). Este composto apresenta aproximadamente um teor de 14% do peso seco das azeitonas verdes, no entanto, durante a maturação do fruto sofre o processo de hidrólise (SILVA *et al.*, 2006), fazendo com que sua concentração diminua (BOSKOU *et al.*, 2006).

A oleuropeína possui benefícios à saúde do homem tais como a prevenção contra doenças cardíacas, proteção de enzimas e células sensíveis em pacientes que possuem câncer,

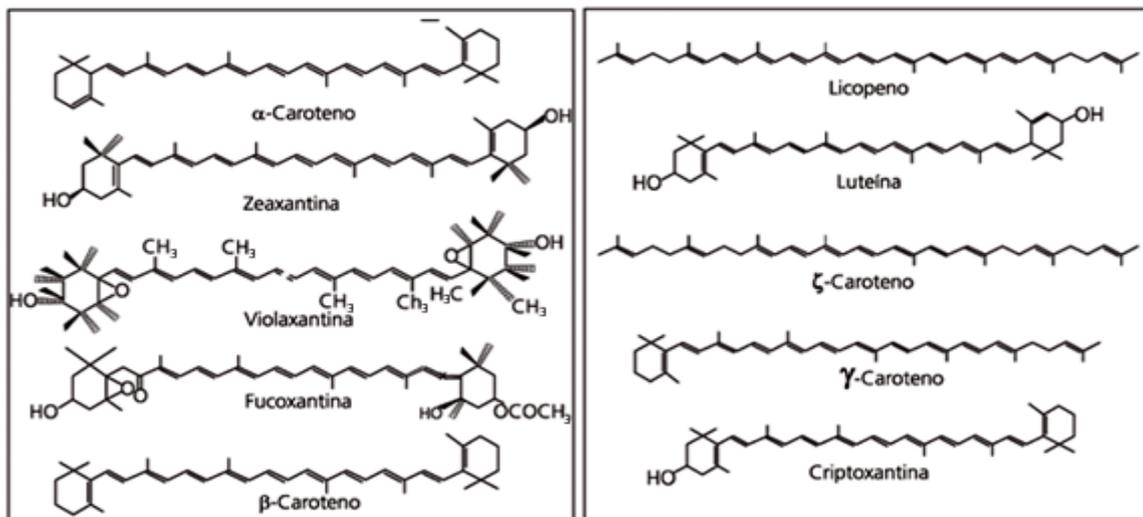
influenciam no metabolismo lipídico reduzindo problemas com obesidade. Este composto possui uma grande atividade antioxidante, além de propriedades anti-inflamatórias, antimicrobiana entre outras (GUINDA, 2006; PEDROSA, 2010).

3.3.2 Carotenoides

Os carotenoides são um dos grupos de pigmentos mais abundantes na natureza, sendo que no caso dos azeites de oliva eles são responsáveis pela sua coloração amarelada. Estes compostos são classificados em dois grupos: os carotenos, altamente apolares, formados apenas por carbono e hidrogênio, como o β -caroteno e o licopeno, e as xantofilas, compostos polares como a luteína e zeaxantina, que apresentam, além de carbono e hidrogênio, oxigênio em sua estrutura (RUTZ, 2013; HORST; MORENO, 2009).

Carotenoides apresentam uma estrutura de cadeia longa com duplas ligações entre carbonos. Os diferentes compostos são gerados essencialmente por modificações em uma estrutura básica, especialmente com formação de anéis nas extremidades e pela adição de átomos de oxigênio, que fornecem as características de cor e capacidade antioxidante (HORST; MORENO, 2009). Na Figura 4 é apresentada a estrutura molecular de alguns carotenoides.

Figura 4 - Estrutura molecular de alguns carotenoides.



Fonte: Ambrósio *et al.* (2006).

3.4 Fundamentos de Secagem

A secagem ou desidratação é uma operação unitária que se baseia na transferência simultânea de calor e de massa. A secagem também é considerada uma operação caracterizada

pela remoção da umidade para obtenção de um sólido seco pelo emprego de energia térmica (HELDMAN; HARTEL, 2000).

O principal objetivo da secagem é prolongar a vida de prateleira de produtos muito perecíveis pela redução da atividade de água a um nível que também não há crescimento de micro-organismos. As vantagens da secagem de alimentos são muitas, das quais se destacam a preservação deste alimento por um período maior, garantindo assim a disponibilidade do mesmo em períodos entressafra ou quando sua produção é inexistente. Outra vantagem é a redução substancial dos custos de armazenamento e transporte devido à redução de seu volume e peso através da retirada da água do produto, a proteção contra a degradação enzimática e oxidativa e a economia de energia, pois quando secos, os produtos não necessitam de refrigeração para a sua conservação. No entanto, a operação de secagem pode causar uma redução nos requisitos sensoriais e nutricionais do produto seco, os quais estão ligados diretamente na escolha do consumidor. Sendo assim, o estudo de processos para otimizar a operação de secagem bem como métodos alternativos vem ganhando espaço, visando minimizar essas alterações na qualidade sensorial e nutricional do produto (FELLOWS, 2006; GEANKOPLIS, 1993).

O método de secagem convencional é aquele que o ar aquecido e seco escoar através do produto, a fim de evaporar e arrastar a umidade do alimento. São exemplos de secadores de contato direto o secador solar, o secador de forno, de bandeja, entre outros. Esses métodos podem utilizar altas temperaturas e longos tempos de secagem, no entanto, esse método pode ocasionar danos como escurecimento não enzimático pelo emprego do calor no produto (EVANGELISTA, 1998). Assim, a escolha do secador adequado para o processo é complexa, pois deve se levar em conta as vantagens e desvantagens de cada equipamento, bem como os pontos de vistas técnicos e econômicos envolvidos (HELDMAN; HARTEL, 2000).

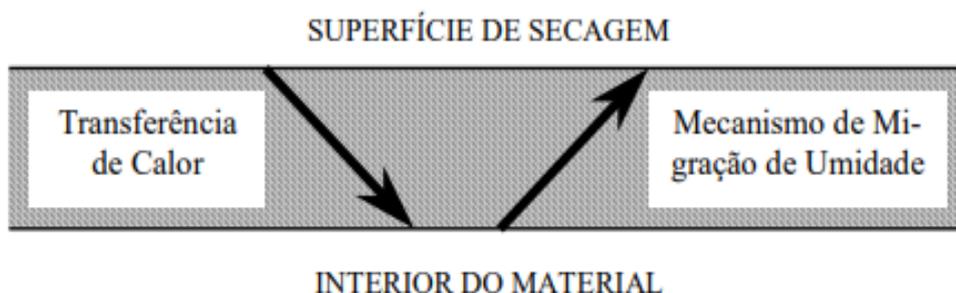
As condições de secagem são determinadas pelas características específicas de cada produto, pelas propriedades do ar utilizado na secagem e ao meio de transferência do calor adotado. Um dos fatores de suma importância na operação unitária de secagem é a velocidade do ar, pois o mesmo influencia na taxa de secagem, sendo que com o aumento da velocidade do ar de secagem também há um aumento da taxa de transferência de massa por convecção. Essa influência da velocidade do ar acontece principalmente na fase ou período de taxa constante, pois como é um fator relacionado à resistência externa à transferência de massa, não interfere na taxa de migração interna da umidade (GEANKOPLIS, 1993). A umidade relativa do agente secante também é um parâmetro de grande importância, pois está

relacionado com o gradiente de umidade entre a superfície do produto e o seio do fluido secante, que é o grande responsável pela transferência de massa na superfície do produto a ser processado. Como a umidade relativa é um fator externo, influencia apenas na fase de taxa de secagem constante (HELDMAN; HARTEL, 2000).

A temperatura é um fator muito importância para o processo de secagem, pois a taxa de secagem aumenta com o aumento da temperatura. Durante a secagem a temperatura aumenta a transferência de calor na fase de taxa constante. Com aumento da temperatura diminui a umidade relativa do ar, sendo assim, o gradiente de umidade aumenta, o que facilita a secagem. Além disso, durante a fase de taxa de secagem decrescente a temperatura está relacionada com a migração interna. Porém, o uso de altas temperaturas pode causar mudanças químicas e físicas indesejáveis ao produto. (HELDMAN E HARTEL, 2000)

Conforme Mujumdar (2006), quando um material sólido úmido é submetido à secagem com fornecimento de calor, dois processos ocorrem simultaneamente: 1. A transferência de energia (na forma de calor) a partir do ambiente em volta do material para evaporar a umidade da superfície; 2. Transferência da umidade interna em direção à superfície do sólido e a sua subsequente evaporação e transporte para o meio secante devido ao processo 1, como pode ser visto na Figura 5.

Figura 5 - Diagrama da migração de umidade no interior de um sólido.



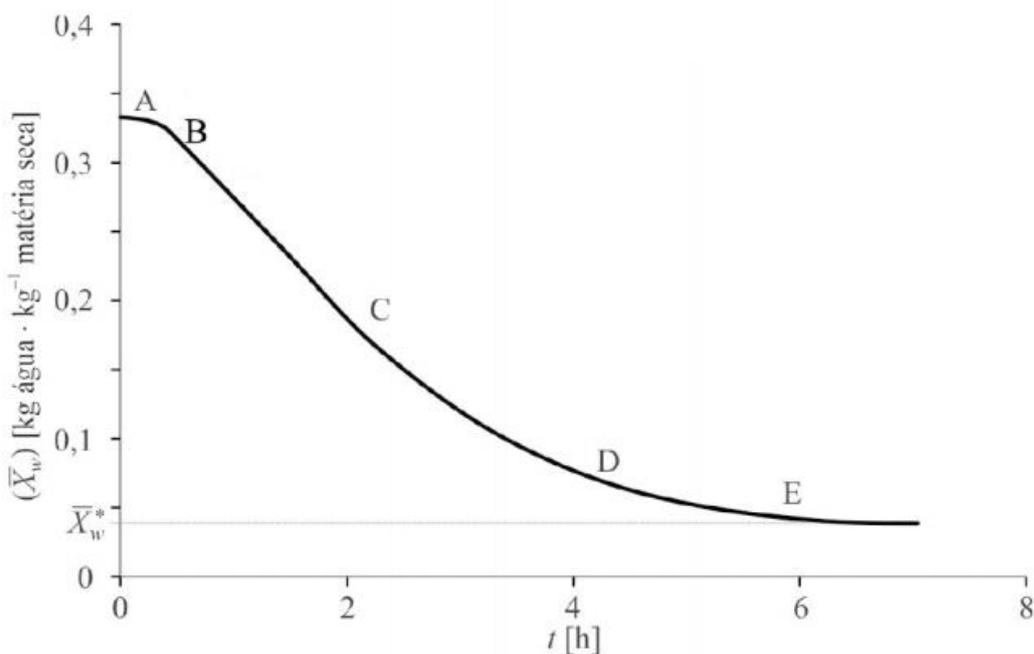
Fonte: Park *et al* (2014)

Durante o processo 1 quando o produto é posto em contato com o ar aquecido haverá uma transferência de calor do ar para o produto devido à diferença de temperatura entre eles. A diferença da pressão parcial do vapor do ar e da superfície do material é a força motriz do fenômeno de transferência de massa, a qual irá influenciar na transferência de matéria para o ar na forma de vapor de água; esse processo irá ocorrer até a condição de equilíbrio termodinâmico entre o sólido e o ar seja alcançada. Essa condição é caracterizada pela umidade de equilíbrio do material, onde a pressão de vapor do sólido se iguala a pressão de

vapor do ar de secagem, não havendo mais a força motriz do processo. De uma maneira geral, a remoção de água da superfície, na forma de vapor, depende da área superficial do material e das condições externas já citadas, como temperatura, umidade relativa e velocidade do ar (MUJUMDAR, 2006; PARK *et al.*, 2008).

No processo 2, o movimento da umidade do interior do material até a superfície é analisado pelos mecanismos internos de transferência de massa, que indicará a dificuldade de secagem nos materiais, sendo uma função da natureza, temperatura e teor de umidade do sólido. Em uma operação de secagem, tanto o processo 1 quanto o processo 2 podem ser os fatores limitantes que governam a secagem (PARK *et al.*, 2008). Na Figura 6 é apresentada uma curva típica de cinética de secagem, a qual mostra a variação da umidade (em base seca) do material ao longo do tempo de processo de um material exposto a uma corrente de ar com velocidade, temperatura e umidade fixas.

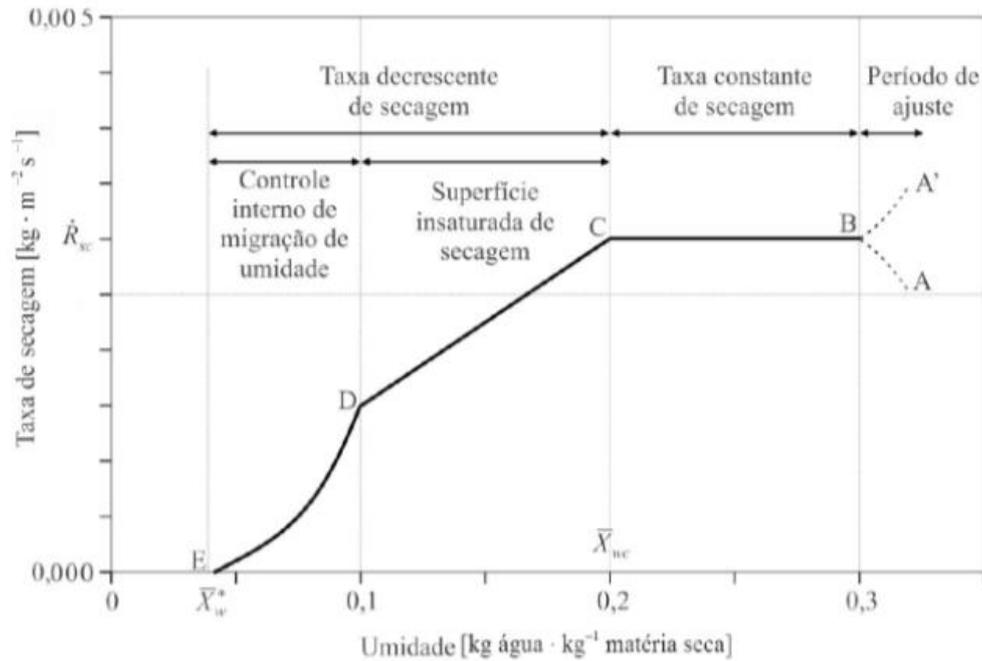
Figura 6 - Curva típica da cinética de secagem.



Fonte; Tadini *et al.* (2016).

Na Figura 7 é apresentada uma curva típica da taxa de secagem em função do teor de umidade, onde pode ser observado a influência dos processos 1 e 2 na taxa de transferência de umidade.

Figura 7 - Curva genérica da taxa de secagem em função do teor de umidade do material.



Fonte: Tadini *et al.* (2016)

O trecho AB ou AB' (Figuras 6 ou 7) ocorre quando a temperatura de um material úmido é diferente da corrente de ar, logo a temperatura desse material irá se ajustar às condições do meio secante até que atinja estado estacionário de transferência de calor. Antes de atingir o estado estacionário, a temperatura do material e a velocidade de secagem podem aumentar ou diminuir. Entretanto, a temperatura e a velocidade da secagem podem ou não entrar em regime estacionário, pois isso dependerá de sua umidade e estrutura (TADINI *et al.*, 2016).

O trecho BC é considerado o período de taxa constante de migração de umidade, nele a superfície do material vai estar coberta por uma película de umidade e a água evapora do material na temperatura de bulbo úmido. O calor transferido para a superfície do sólido ocorre somente por convecção, ou seja, todo o calor cedido pelo ar de secagem é utilizado para a evaporação da umidade livre, permanecendo constante a temperatura do sólido e a taxa de secagem apresenta-se como uma linha horizontal. O período de taxa constante acaba quando a migração interna de água para a superfície não consegue mais suprir a taxa de evaporação da água livre da superfície e a resistência interna à transferência de umidade começa a ter importância. O valor da umidade deste estado é denominado de umidade crítica, representada no ponto C. Este valor é específico de cada material, além de ser função de outros parâmetros que controlam a migração de umidade, tais como: condições do ar (velocidade, temperatura de bulbo seco e umidade absoluta) e espessura do sólido (TADINI *et al.*, 2016).

O trecho CE compreende o período de taxa decrescente de secagem. Este período ocorre quando a migração interna de água começa a controlar o processo de secagem. Na primeira etapa, trecho CD, a superfície do material começa a apresentar diversas áreas secas que se ampliam à medida que a secagem avança. A evaporação continua a se processar na superfície do sólido e a resistência à difusão interna do líquido é pequena comparada com a resistência para remover o vapor da superfície. A temperatura do sólido se eleva, pois, recebe a mesma quantidade de calor do ar de secagem, porém sua área de superfície de evaporação processa cada vez menos a evaporação de água. O calor transferido ao sólido excede ao da vaporização da água, e assim é absorvido por este (TADINI *et al.*, 2016), tendendo a elevar a sua temperatura de bulbo úmido até a temperatura do ar de secagem.

No segmento DE que compreende o período de taxa decrescente, a superfície do material encontra-se seca e o fluxo interno irá controlar a taxa de secagem. Os mecanismos que influenciam diretamente na remoção de água nesta fase são a difusão interna de água líquida e o efeito capilar. Sendo assim, o mecanismo de difusão é considerado como principal responsável na secagem de materiais fibrosos. Ao fim da secagem, a pressão de vapor iguala-se à pressão parcial de vapor do ar seco cessando o processo de secagem. O teor de umidade deste estágio é conhecido como umidade de equilíbrio (X_E), representado pelo ponto E (TADINI *et al.*, 2016).

Além dos métodos convencionais de secagem que utilizam o emprego de temperaturas elevadas tem-se também a liofilização que ocorre em baixas temperaturas e pressões.

3.5 Liofilização

Liofilização é um processo de remoção de umidade, no qual uma substância previamente congelada é submetida a condições de baixa pressão (sob vácuo) e baixa temperatura, ocorrendo a transferência de umidade para o meio circundante por sublimação e posteriormente por dessorção; essa redução de umidade ocorre até valores tais que impeçam a atividade biológica e reações químicas (MARQUES, 2008).

O processo depende de uma escolha adequada das condições operacionais, e há a necessidade de uma análise meticulosa dos efeitos dessa operação no tempo do processamento e na qualidade do produto final a ser obtido (IBARZ e BARBOSA-CANOVAS, 2002). Quando comparada com outros meios de desidratação, a liofilização se mostra mais interessante com relação a características como encolhimento do produto, perda de compostos voláteis, decomposição térmica, ações enzimáticas e desnaturação de proteínas (GARCIA, 2009).

O primeiro passo para a liofilização é o congelamento dos alimentos, a fim de transformar as soluções aquosas dos alimentos em uma mistura de duas fases, sendo uma constituída por cristais de gelo e a outra pela solução concentrada dos solutos. O tipo e a velocidade de congelamento têm grande efeito na estrutura final do alimento, porque essa estrutura depende da localização e do tamanho dos cristais de gelo formados. As condições mais adequadas dependem da característica particular de cada alimento. Ao liofilizar, se houver a formação de cristais de gelo grandes, com geração de uma rede cristalina, tem-se uma boa estrutura porosa, que facilitará o escape de vapor d'água durante a liofilização, bem como a entrada da água em sua posterior reidratação. A desidratação por liofilização pode ser separada em duas etapas: desidratação primária, onde ocorre a maior retirada do conteúdo de umidade e desidratação secundária, que visa retirar uma certa quantidade da umidade ligada (RODRIGUES, 2011).

3.6 Farinhas não convencionais

De acordo com a Resolução – CNNPA n.12, de 1978, farinha é definida como um produto obtido pela moagem da parte comestível de vegetais, podendo sofrer previamente processos tecnológicos adequados. O produto designado como farinha deve ser seguido do nome do vegetal de origem (ex: farinha de mandioca, farinha de arroz, farinha de banana) e são classificadas de acordo com as suas características em farinha simples (produto obtido da moagem ou raladura dos grãos, rizomas, frutos ou tubérculos de uma só espécie vegetal) e farinha mista (produto obtido pela mistura de farinhas de diferentes espécies vegetais) (BRASIL, 1978).

O reaproveitamento de resíduos de origem orgânica tem sido de grande interesse tanto da ciência como da indústria, devido ao alto volume produzido que é descartado, podendo ser uma fonte de poluição do meio ambiente. Diversos pesquisadores em diferentes países estão investindo no desenvolvimento de novos produtos a partir desses resíduos dando grande contribuição para a produção de alimentos saudáveis e nutritivos com menor impacto ao meio ambiente (FAO, 2014). Neste contexto, partes de vegetais como cascas, talos e folhas, são na maioria das vezes descartados durante o processamento, sendo que muitos deles podem ser considerados como fonte de vitaminas e sais minerais que auxiliam na prevenção e tratamento de doenças. Sendo assim há uma necessidade crescente da utilização integral desses alimentos (DAMIANNI *et al.*, 2011).

No que tange aos hábitos alimentares, o baixo consumo de vegetais frescos tem levado a população em geral a uma baixa ingestão de fibras e vitaminas. Para mudar esse quadro e

e elevar o consumo desses nutrientes, tem surgido várias propostas, dentre elas a elaboração de novos alimentos que possam ter um valor nutricional superior ao alimento original, ao mesmo tempo, acessíveis às classes economicamente menos favorecidas. Uma alternativa para este problema é o emprego de novos ingredientes que atuem elevando o valor nutricional de alimentos tradicionais (FASOLIN *et al.*, 2007). No bagaço de oliveira, estudos já demonstraram ser este bagaço uma rica fonte de fibras. Sendo assim, pode-se utilizar a farinha do bagaço da azeitona para desenvolver produtos como fontes de fibras e desenvolvimento de alimentos funcionais (MEDEIROS *et al.*, 2016).

A indústria alimentícia e os celíacos tem encontrado grande dificuldade quando procuram produtos substitutos da farinha de trigo que apresente características nutricionais e sensoriais agradáveis. Os biscoitos estão entre os produtos oriundos de farinhas mais consumidos pela sociedade, o que é justificado pela facilidade de consumir e pelo custo acessível. Apesar da produção significativa de biscoitos no Brasil, a oferta desse produto isento de glúten é ainda muito limitada (MAURO, 2010).

O desenvolvimento de farinhas não convencionais deve passar por avaliação de aceitabilidade, bem como controle de qualidade, redução de custos, pré-tratamentos e principalmente o aspecto sensorial para garantir o reaproveitamento de um resíduo. Estes parâmetros, quando comparados a produtos com formulações tradicionais, dificultam a aceitabilidade do produto (TEIXEIRA *et al.*, 2016). No Quadro 1 são apresentados alguns produtos desenvolvidos a partir de farinhas não convencionais.

Quadro 1 - Produtos obtidos a partir de farinhas de fontes não convencionais.

Produtos	Autores
Desenvolvimento de farinha a partir do resíduo da beterraba para elaboração de bolo de beterraba.	Souza e Matanna (2019).
Desenvolvimento e avaliação das propriedades físico-químicas na formulação de biscoitos do tipo cookie como substituição parcial da farinha de trigo pela farinha do bagaço de malte e realização de testes sensoriais para avaliação da aceitação dos biscoitos.	Rigo <i>et al.</i> (2017)
Utilização da farinha de uva na elaboração de pães de forma com quatro formulações de pães: PP - padrão (farinha de trigo), PFUV5% (farinha de trigo + 5% de farinha de uva), PFUV10% (farinha de trigo + 10% de farinha de uva), PFUV15% (farinha de trigo + 15% de farinha de uva). Os resultados da análise química se destacaram as fibras principalmente na formulação PFUV15% e as cinzas principalmente na formulação PFUV10% e PFUV15% em relação às demais.	Preto (2014).
Produção de biscoitos do tipo <i>cookie</i> com a substituição parcial de um terço de farinha de trigo por farinha de folhas de oliveira liofilizadas, tendo se obtido ao final um acréscimo de 80% da atividade antioxidante do produto elaborado quando comparado com ingredientes tradicionais.	Santos <i>et al</i> (2018)
Biscoito tipo cookie com substituições parciais de farinha de banana verde de 10, 20 e 30% obtiveram aumento no conteúdo de cinzas, principalmente potássio e boa aceitabilidade ao nível de 5% de confiança do produto final.	Fasolin <i>et al</i> (2007).

Fonte: Autor (2021)

Pelo que pôde ser observado no Quadro 1, a utilização de farinhas não convencionais se dá principalmente na substituição total ou parcial de farinhas comerciais (trigo) para a elaboração de pães e *cookies* com o principal intuito de promover um valor nutricional agregado, promovendo um aumento de teores de fibras e compostos bioativos nos produtos. Além disso há um reaproveitamento de subprodutos que até então eram descartados, fazendo com que seu uso diminua os impactos antes causados pelo seu descarte.

4 METODOLOGIA

Os procedimentos experimentais e analíticos de caracterização e secagem do bagaço de azeitona *in natura*, liofilização, obtenção das farinhas e caracterização das mesmas foram realizados nos laboratórios da Engenharia de Alimentos (1110 e 2104), laboratório do projeto “Desenvolvimento tecnológico e inovação aplicados aos olivais da Região da Campanha” (2106) e laboratórios da Engenharia Química (1101 e 1111) da Universidade Federal do Pampa - Campus Bagé.

4.1 Matéria-prima

O bagaço da azeitona *in natura* (Figura 8) utilizado no presente estudo foi gentilmente cedido pela empresa Azeites Batalha a qual está localizada no município de Pinheiro Machado (-31°30'01.4"S, -53°30'39.6"W), na Região da Campanha Gaúcha, no ano de 2021. O mesmo foi congelado em *ultra-freezer* a uma temperatura de -73°C até o momento de sua utilização. A matéria-prima utilizada na secagem convectiva foi descongelada sob refrigeração (4°C) por um período de aproximadamente 24 h.

Figura 8 - Imagem fotográfica do bagaço de azeitona *in natura* congelado.



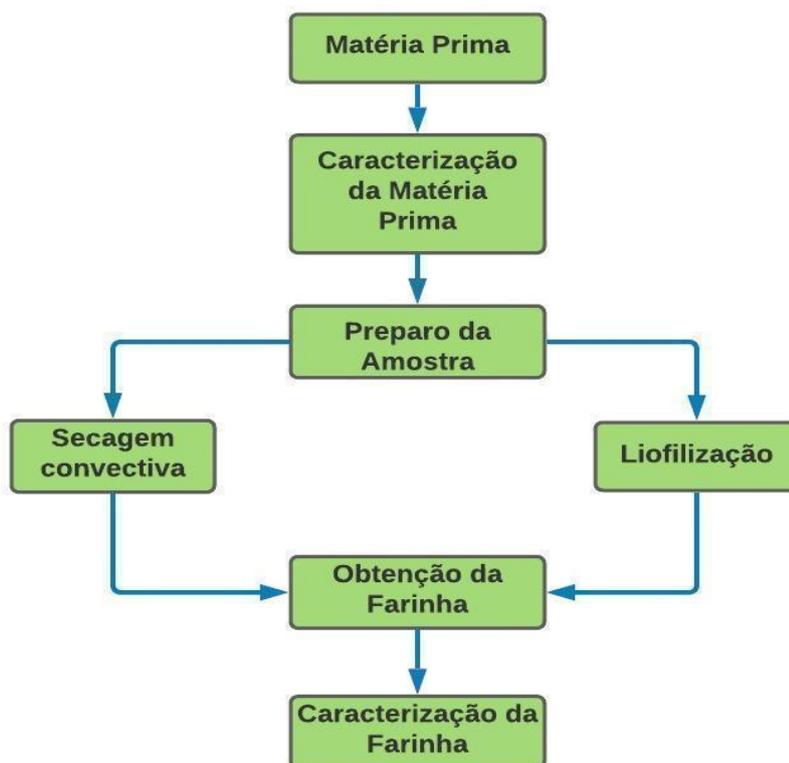
Fonte: Autor (2021)

4.2 Metodologia experimental

Neste item serão apresentadas as metodologias analíticas e experimentais que foram utilizadas durante o presente trabalho, desde a caracterização da matéria-prima, passando pelo processo de secagem em secador com fluxo de ar perpendicular, liofilização, e culminando com a caracterização e comparação da farinha obtida da polpa do bagaço seco na melhor condição

da secagem convectiva, com a obtida a partir do bagaço liofilizado. A Figura 9 apresenta o fluxograma da metodologia experimental utilizada no estudo.

Figura 9 - Fluxograma da metodologia experimental.



Fonte: Autor (2021)

4.2.1 Caracterização da matéria-prima

O bagaço de oliveira *in natura* foi caracterizado quanto a sua composição centesimal (umidade, cinzas, proteínas, lipídios, fibras e carboidratos), atividade antioxidante (AA), compostos fenólicos totais (CFT) e carotenoides (CT).

4.2.1.1 Composição centesimal

A composição centesimal do bagaço de azeitona e da farinha obtida foram determinados seguindo metodologia oficial do Instituto Adolfo Lutz (2008).

4.2.1.2 Atividade antioxidante (AA)

A atividade antioxidante do bagaço da azeitona *in natura* foi determinada conforme método descrito por Brand-Willians (1995), utilizando o método de eliminação de radicais livres através do uso de uma solução de DPPH, em que foram pesados 2,5 g da amostra, adicionando-as em tubos de Falcon juntamente com 10 mL de metanol (P. A.), com subsequente agitação da amostra, a qual foi acondicionada em um refrigerador (3 a 4°C) por 24 h para ocorrer a extração (ao abrigo da luz) dos compostos fenólicos. Após o período da extração, as amostras foram centrifugadas por 15 min a 15000 rpm e alíquotas de 0,1 mL do extrato juntamente com 3,9 mL de uma solução metanólica de DPPH foram adicionadas em balões volumétricos. Foi utilizada também uma amostra controle contendo apenas metanol na solução de DPPH. A reação foi conduzida no escuro por 60 min. Posteriormente, a absorbância foi lida em espectrofotômetro a 517 nm. As análises foram realizadas em triplicatas e os resultados expressos em % de acordo com a Equação 1, através de uma diferença entre a absorbância do controle e da amostra.

$$A.A(\%) = \frac{Abs_{controle} - Abs_{amostra}}{Abs_{amostra}} * 100 \quad (1)$$

Em que A.A é atividade antioxidante em percentual.

4.2.1.3 Compostos fenólicos totais (CFT)

Os compostos fenólicos totais foram quantificados segundo a metodologia de Singleton e Rossi (1965), na qual 2 g da amostra foram adicionadas em 2 mL de metanol para a extração dos referidos compostos. A mistura foi colocada em um banho termostático a 25°C por um período de 3h, filtrando-se o material resultante com algodão para um balão volumétrico de 50 mL, completando-se o volume do balão com metanol.

Após a extração, foi realizado o processo de quantificação de compostos fenólicos totais através de reação colorimétrica. Foi tomado 1 mL do extrato, adicionando 10 mL de água destilada e 0,5 mL do reagente Folin-Ciocalteau, deixando-o reagir por 3 min ao abrigo da luz. Foram adicionados 1,5 mL de solução de carbonato de sódio 20% (p/v) deixando reagir por um período de 2 h ao abrigo da luz. Após, foi realizada a leitura de absorbância da solução resultante em espectrofotômetro, utilizando comprimento de onda de 765 nm, sendo que o equipamento foi calibrado utilizando uma cubeta de quartzo e metanol. O teor dos fenólicos totais foi obtido através de uma curva padrão (Equação 2) em ácido gálico com o seu respectivo coeficiente de determinação (R^2), obtida por Santos (2019).

$$Abs = 0,0085 \cdot c + 0,025 \qquad R^2 = 0,9926 \qquad (2)$$

Em que *Abs* é a absorvância da solução a 765 nm e *c* é a concentração da solução em termos de ácido gálico (mg/L).

4.2.1.4 Carotenoides (CT)

O método utilizado para a quantificação de carotenoides totais foi proposto por Rodrigues-Amaya (2001). Basicamente, 2 g de celite foram misturadas com 5 g da amostra, na qual foram adicionados 20 mL de acetona gelada, agitando-se a mistura por 10 min em agitador magnético. A mistura homogeneizada foi filtrada em um funil de *Buchner* (sucessivas lavagens com acetona até que o resíduo fique incolor) e o filtrado foi transferido para um funil de separação, onde após serem adicionados 30 mL de éter de petróleo PA e uma pequena quantidade de água destilada, ocorreu a separação de fases. A fase superior foi descartada e foram realizadas sucessivas lavagens com água destilada para a remoção total da acetona. Posteriormente, foi transferido o extrato para um balão volumétrico de 50 mL com auxílio de um funil contendo um pedaço de algodão no qual foi colocado de sulfato de sódio anidro. Após, foi lavado o funil de separação com éter de petróleo, e aferido o balão com éter de petróleo. A partir disso, foi realizada a leitura da absorvância das amostras em espectrofotômetro a 450 nm, utilizando éter de petróleo para zerar o equipamento. O conteúdo de carotenoides foi calculado pela Equação 3 e o resultado obtido foi expresso em termos de β-caroteno.

$$C.T \left(\frac{\mu g}{g} \right) = \frac{(Abs * 50mL * 10^6)}{2500 * 100g_{amostra}} \qquad (3)$$

Em que *C.T* é carotenoides totais.

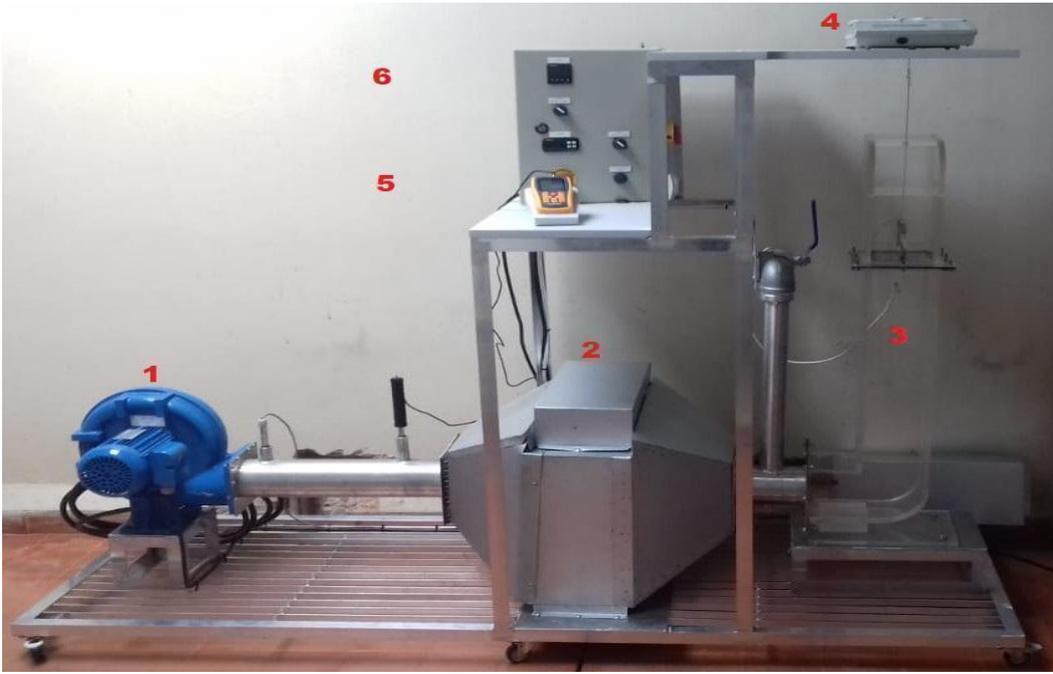
4.2.2 Liofilização

Foram realizados ensaios de liofilização com bagaço *in natura* para fins de comparação da farinha obtida por liofilização com a obtida a partir da melhor condição da secagem convectiva. O material liofilizado foi acondicionado em caixas *gerbox* e mantidas em freezer (-18°C) durante 24 h. Posteriormente, as amostras congeladas foram liofilizadas (liofilizador Terroni, modelo LS3000) durante 48 h sob condições de alto vácuo e temperatura próxima a -40°C.

4.2.3 Secagem convectiva

A secagem do bagaço de azeitona descongelado foi realizada em um secador de fluxo perpendicular do ar (Figura 10), variando-se a temperatura e a velocidade do ar de secagem.

Figura 10 - Secador de fluxo de ar perpendicular utilizado nos experimentos de secagem.



Fonte: Autor, 2021

O secador de fluxo perpendicular é composto por um soprador centrífugo (1) que tem como função transportar o ar ambiente até o módulo de secagem (3). Antes do referido módulo, há um sistema de aquecimento (2), onde estão contidas as resistências elétricas responsáveis por aquecer o ar de secagem. No módulo de secagem foi inserida a bandeja contendo o bagaço de azeitona, em que o ar aquecido percola através desse módulo. A balança (4) acoplada à bandeja fez o monitoramento da perda de massa do bagaço de azeitona durante o processo de secagem. Além destes equipamentos e periféricos, há um termo-anemômetro que tem como função monitorar a velocidade e a temperatura do ar de secagem (5) e o painel de controle (6), onde as variáveis (velocidade e temperatura do ar de secagem) foram ajustadas.

O bagaço de azeitona (100 g) foi inserido em uma bandeja de área de $0,014 \text{ m}^2$ no interior do módulo de secagem para iniciar a operação de secagem. As temperaturas e as velocidades do ar de secagem foram ajustadas em um painel de controle e verificadas com a utilização de termopares e anemômetro, respectivamente. A massa do bagaço de azeitona, ao

longo do processo de secagem foi monitorada de 3 em 3 min até atingir o tempo de 30 min, após isso passou a ser monitorada de 5 em min até o fim do processo de secagem.

Os teores de umidade final foram pré-estabelecidos em torno 15% de acordo com o que é exigido para farinhas pela legislação brasileira, para isso foi realizado um balanço de massa considerando a massa inicial da amostra e sua umidade inicial para obter o produto com umidade em torno de 15%.

A secagem do bagaço da azeitona foi estudada com o auxílio de um planejamento experimental fatorial 2² com tréplica no ponto central, variando as velocidades do ar de secagem (1,0, 1,5 e 2,0 m/s) e a temperatura de secagem (50, 60 e 70°C) conforme Tabela 2. Os valores de velocidade do ar de secagem e temperaturas foram baseados nos estudos de Santos (2019).

As respostas do delineamento experimental foram a atividade antioxidante (AA), os compostos fenólicos totais (CFT) e os carotenoides totais (C.T) nas diferentes temperaturas e velocidades estudadas.

Na Tabela 2 são apresentados os valores reais e codificados de temperatura e velocidade do ar de secagem utilizados neste estudo.

Tabela 2 - Delineamento experimental da secagem do bagaço de azeitona.

Ensaio	T (°C)	T (codificada)	v _{ar} (m/s)	v _{ar} (codificada)
1	50	-1	1,0	-1
2	50	-1	2,0	1
3	70	1	1,0	-1
4	70	1	2,0	1
5(C)	60	0	1,5	0
6(C)	60	0	1,5	0
7(C)	60	0	1,5	0

Fonte: Autor, 2021.

4.2.4 Obtenção da farinha da polpa seca

Após a secagem fez-se a separação das frações (polpa e caroço) com o auxílio do equipamento leito de jorro, com isso a fração menos densa (polpa) foi recolhida e moída em um moinho analítico tipo hélice (IKA, A11, Darmstadt, Alemanha).

O método utilizado para a separação da polpa e do caroço do bagaço seco foi o descrito por RODRIGUES (2021), onde o bagaço de azeitona seco foi colocado no leito de jorro através

da cavidade superior do equipamento e com o fornecimento de ar pelo soprador as partículas menos densas foram arrastadas e coletadas em um ciclone *Lapple*, o caroço remanescente foi recolhido posteriormente.

4.2.5 Caracterização da farinha obtida da polpa

Na caracterização da farinha obtida da polpa do bagaço de azeitona foram determinados sua composição centesimal, granulometria, atividade de água (a_w) e seus índices de solubilidade em água ($\%ISA$) e de absorção de água (IAA).

4.2.5.1 Composição centesimal

Na determinação da composição centesimal da farinha do bagaço da azeitona foram realizadas as análises de umidade, cinzas, proteínas, lipídeos, fibras e carboidratos, segundo a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008).

4.2.5.2 Atividade de água (a_w)

A análise de atividade de água foi realizada com um analisador de atividade de água (LabTouch) da marca Novasina.

4.2.5.3 Índice de solubilidade em água ($\%ISA$) e Índice de absorção de água (IAA)

Os índices de solubilidade em água (ISA) e o índice de absorção de água (IAA) da farinha do bagaço de oliveira foram determinados segundo a metodologia de Anderson *et al.* (1969). Foi colocado nos tubos na centrífuga 2,5 g da amostra em 3 mL de água. Os tubos foram agitados por 30 min em agitador mecânico e em seguida centrifugados a 4000 rpm por 10 min. O sobrenadante foi transferido para uma cápsula de alumínio e levado à estufa de circulação de ar a 105°C por 12 h. O gel remanescente foi pesado e o IAA e ISA calculados conforme as Equações 4 e 5, respectivamente.

$$IAA = \frac{PRC}{(PA-PRC)} * 100 \quad (4)$$

$$\%ISA = \frac{PRE}{PA} . 100 \quad (5)$$

Em que, PRC corresponde ao peso do resíduo da centrifugação (g); PA é o peso da amostra, em base seca (g) e PRE , o peso do resíduo da evaporação (g).

4.2.5.4 Caracterização física da farinha obtida da polpa do bagaço de azeitona seco

As farinhas obtidas a partir da secagem convectiva (na melhor condição fornecida pelo delineamento experimental) e da liofilização foram caracterizadas quanto a parâmetros físicos relacionados ao tamanho de partícula (granulometria) e massa específica real.

A análise granulométrica foi realizada em um granulômetro a laser (CILAS, 1190 Líquido, França), o qual fornece a distribuição granulométrica das partículas e o seu diâmetro médio, em volume. O granulômetro possui uma faixa analítica de diâmetros entre 0,04 a 2.500 μm , com o auxílio de dois lasers. Seu sistema de imagem pode medir e analisar a forma e o tamanho das partículas. Em cada amostra a ser analisada, foram consideradas de 3 a 5 medidas consecutivas realizadas pelo equipamento.

A massa específica real das partículas da farinha foi realizada em um picnômetro gasoso a hélio com grau de pureza de 6.0 FID (QUANTACHROME INSTRUMENTS, mod. Ultrapyc 1200e, EUA), cujo método determina o volume verdadeiro de um sólido. O gás hélio, por possuir menor raio atômico, penetra em todos os poros da amostra. O equipamento é composto por duas câmaras de volume conhecido, sendo que uma delas será utilizada para amostra e a segunda, para expansão do gás, conectadas por uma válvula (CREMASCO, 2012). O valor da massa específica real foi fornecido diretamente pelo picnômetro gasoso por meio da relação entre a massa previamente introduzida no equipamento e o volume real do sólido medido pelo picnômetro. Foi considerado o valor da massa específica das partículas a partir de uma média de 6 a 10 medições.

5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos nos experimentos de secagem.

5.1 Composição centesimal do bagaço *in natura* e composição de compostos bioativos

Os resultados da composição centesimal e composição de compostos bioativos podem ser vistos na Tabela 3.

Tabela 3 - Composição centesimal e bioativa do bagaço de azeitona *in natura*.

Parâmetro (Base Seca)	Bagaço de azeitona <i>in natura</i>
X_{bu} (%) (b.u.)	65,07±0,73
Cinzas (%)	3,75±0,00
Proteínas (%)	4,19±1,02
Lipídeos (%)	19,94±0,04
Fibras (%)	22,25±3,75
Carboidratos (%)	49,87±5,54
CFT (mg ácido gálico/100g amostra)	45,33±3,70
AA (%)	73,70±0,53
$C.T$ (μg/g)	29,97±1,30

Fonte: Autor, 2021.

Valor médio ± desvio médio (n=3repetições)

Para o parâmetro umidade do bagaço *in natura* o presente trabalho encontrou 65,07±0,73% valor semelhante ao encontrado por Santos (2019) que em seu trabalho encontrou o valor de 64,02% para umidade. Dias e Pereira (2017) encontraram valores de 69% e 71% para o bagaço de azeitona das safras de 2016 e 2017 respectivamente, valores estes ligeiramente acima dos encontrados pelo presente trabalho. Gallardo-Guerrero; Roca; Mínguez-Mosquera (2002) encontraram valores de 65% de umidade para o bagaço da azeitona. O teor de umidade do bagaço de azeitona pode variar de 50-70% dependendo do tipo do sistema de fases empregado na indústria oleícola (SANTOS, 2019).

O teor de cinzas foi de 3,75±0,00 superior ao encontrado por Santos (2019) o qual encontrou um valor de 3,04%, no entanto o valor encontrado neste presente trabalho foi inferior ao encontrado por Julio (2015) que foi de 4,08%. Segundo Boskou (2006), os valores de cinzas que são encontrados nos resíduos oleícolas dependem principalmente do tipo de solo e do cultivar da oliveira, pois as cultivares diferem entre si quanto as suas necessidades para o desenvolvimento. O teor de cinzas indica o conteúdo de minerais presentes, entretanto, cabe considerar que as condições ambientais de cultivo podem levar a contaminações, especialmente por metais, que em elevadas concentrações podem ser tóxicos.

Os valores de proteínas encontrados durante este trabalho foram de 4,19±1,02% valor superior ao encontrado por Teixeira *et al.* (2010) que foi de 1,86%. Quando comparados com os valores obtidos para o teor de proteínas de Santos (2019) que encontrou 10,58%, nota-se que os valores encontrados no presente trabalho são em torno de 40% do valor encontrado pelo autor anteriormente citado.

O teor de lipídios encontrados no presente trabalho foi de $19,94 \pm 0,04\%$, valor semelhante ao encontrado por Dias e Pereira (2017) que encontraram $21,88\%$ para o bagaço liofilizado da safra de 2016, ligeiramente abaixo dos $27,44\%$ do mesmo trabalho referentes à safra de 2017. O teor de lipídeos encontrado neste trabalho difere dos encontrados por Santos (2019) e Teixeira *et al.* (2010) que foram de $8,59\%$ e $7,31\%$ respectivamente. Nos estudos de Brito (2016), foram encontrados valores médios de $6,7\%$, este também muito inferior ao encontrado no presente trabalho. O teor de lipídeos está relacionado com a cultivar e ao grau de maturação da azeitona no momento da extração pois isto afeta o rendimento final da extração do azeite.

Para fibras foram encontrados $22,25 \pm 3,75\%$ valores inferior ao encontrado por Teixeira *et al.*, (2010) que foi de $29,49\%$ para a mesma cultivar e inferior também aos encontrados por Santos (2019) que encontrou em seu trabalho $38,4\%$. Segundo Albuquerque *et al.*, (2003), o bagaço de azeitona apresenta valores em média de 63% de fibras, o que é quase 3 vezes o valor encontrado no presente trabalho. Os valores de fibras encontrados no presente trabalho se assemelham com o encontrado por Dias e Pereira (2017) que encontraram um teor de fibras de $24,06\%$ para o bagaço liofilizado.

O teor de carboidratos encontrado foi de $49,87 \pm 0,0\%$, valor este superior ao encontrado por Dias e Pereira (2017) para o bagaço de azeitona liofilizado que foi de $38,83\%$ para a mesma cultivar. O teor de carboidrato pode variar consideravelmente para uma mesma cultivar dependendo do ponto de maturação do fruto colhido, clima, solo entre outros fatores influenciam no metabolismo da planta (MOTA *et al.*, 2009).

O valor para compostos fenólicos totais encontrados neste trabalho foi de $45,33 \pm 3,70$ $\text{mg}_{\text{ácido gálico}}/100\text{g}_{\text{amostra}}$ muito abaixo dos valores encontrados por Santos (2019) o qual encontrou valores de $259 \pm 0,03$ $\text{mg}/100\text{g}$ e por Santos, Santos e Jacques (2017) para a folha de oliveira que foi de 125 $\text{mg}_{\text{ácido gálico}}/100\text{g}_{\text{amostra}}$. Já quando se observa o trabalho realizado por Meireles *et al.* (2014) que encontrou para o mesmo composto $5,90$ $\text{mg}_{\text{ácido gálico}}/100\text{g}_{\text{amostra}}$ nota-se que este é inferior ao encontrado no presente trabalho. Segundo Brito (2016) diferentes safras apresentam valores de compostos bioativos que variam de acordo com a cultivar e o clima durante a etapa do crescimento do fruto azeitona, principalmente durante o armazenamento do bagaço.

Para a atividade antioxidante (AA) foram encontrados $73,70 \pm 0,53\%$, valor este inferior ao encontrado por Dias *et al* (2017) que encontraram $91,22\%$, os valores encontrados também são inferiores aos de Da Cruz (2020) que encontrou $89,55\%$ para o bagaço *in natura*. A variação destes valores da atividade antioxidante pode ser explicada pelo fato de que a

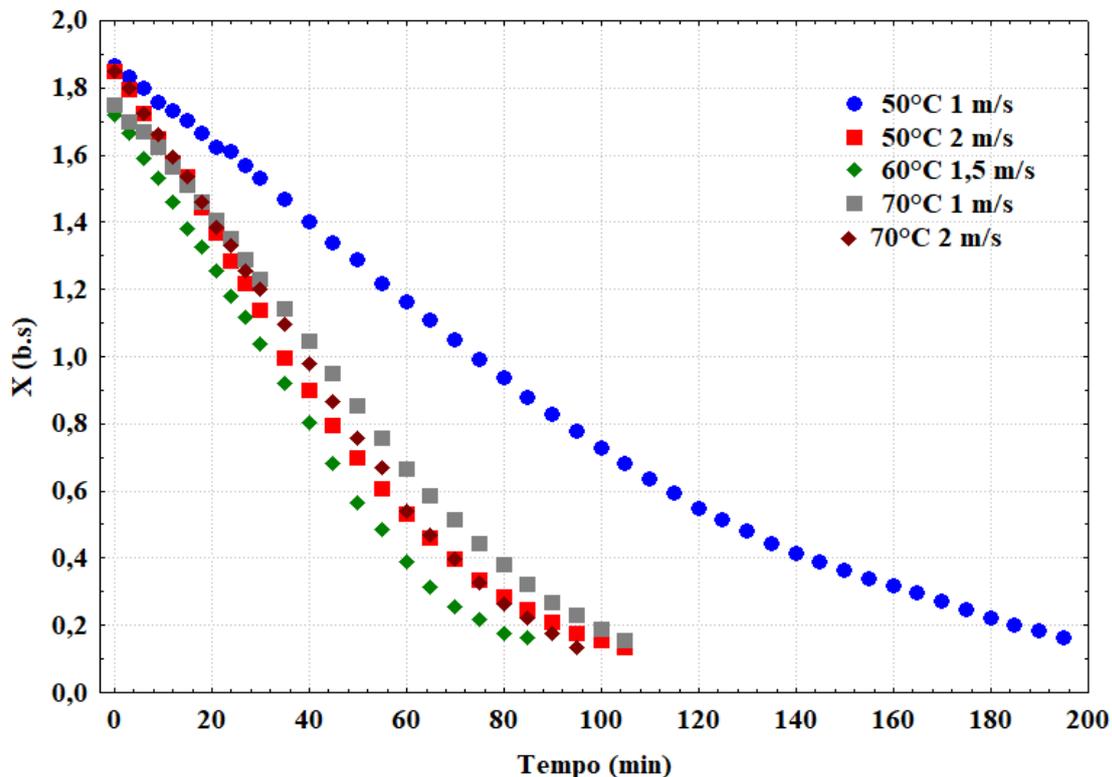
atividade de eliminação de radicais livres é influenciada por fatores climáticos, cultivar e época de colheita. A baixa atividade antioxidante pode ser justificada por um baixo CFT.

Para os carotenoides o valor encontrado foi de $29,97 \pm 1,30 \mu\text{g/g}$ não foram encontrados estudos comparativos para o mesmo produto, no entanto Minetto *et al.*, (2018) encontraram para farinha de batata da variedade Amélia sem casca e com casca 47,85 e 44,44 $\mu\text{g/g}$ respectivamente.

5.2 Experimentos de secagem

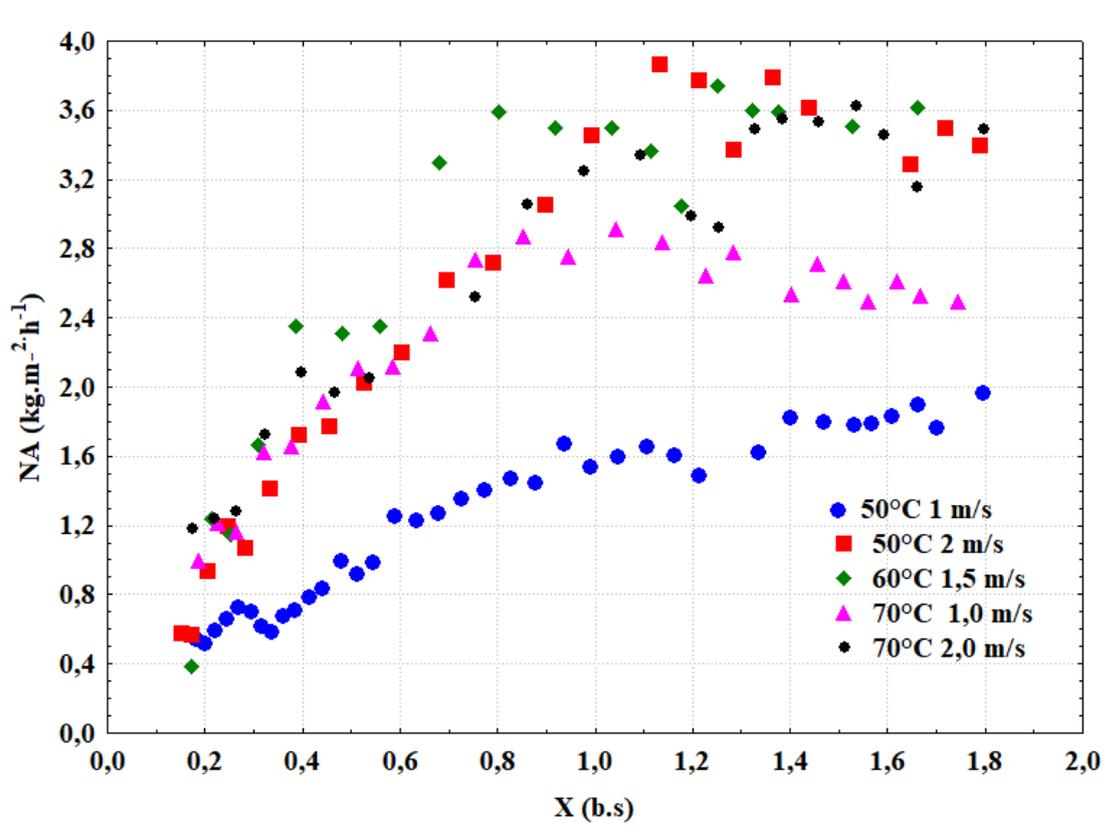
A partir da secagem do bagaço de azeitona no secador com escoamento perpendicular do ar, foi possível obter as curvas de cinética de secagem $X(\text{g}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{g}_{\text{ss}})$ em função do tempo (min) (Figura 11) e da taxa de secagem ($\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$) em função do conteúdo de umidade $X(\text{g}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{g}_{\text{ss}})$ (Figura 12) para a temperatura de 50°C , 60°C e 70°C , e velocidades do ar de secagem de 1,0; 1,5 e 2,0 m/s, respectivamente.

Figura 11 - Curvas das cinéticas de secagem obtidas a partir do delineamento experimental.



Fonte: Autor, 2021.

Figura 12 - Curvas das taxas de secagens obtidas a partir do delineamento experimental.



Fonte: Autor, 2021.

Como pode-se verificar na Figura 11, a secagem para temperatura de 50°C teve uma variação quando comparamos as diferentes velocidades do ar de secagem, sendo que para a velocidade do ar de secagem de 1,0 m/s o tempo de secagem foi de 195 min sendo 90 min superior que para velocidade de 2,0 m/s, pode-se perceber que a taxa de secagem de acordo com a Figura 12, na maior velocidade de secagem (2 m/s) foi aproximadamente 2 vezes maior do que na menor velocidade (1 m/s). Os tempos de secagem em ambos os casos foram superiores aos encontrados por Santos (2019), pois o mesmo realizou a secagem na velocidade de 1,5 m/s e realizando a secagem até peso constante do material diferentemente deste trabalho que se realizou a secagem até atingir umidade em torno de 15%.

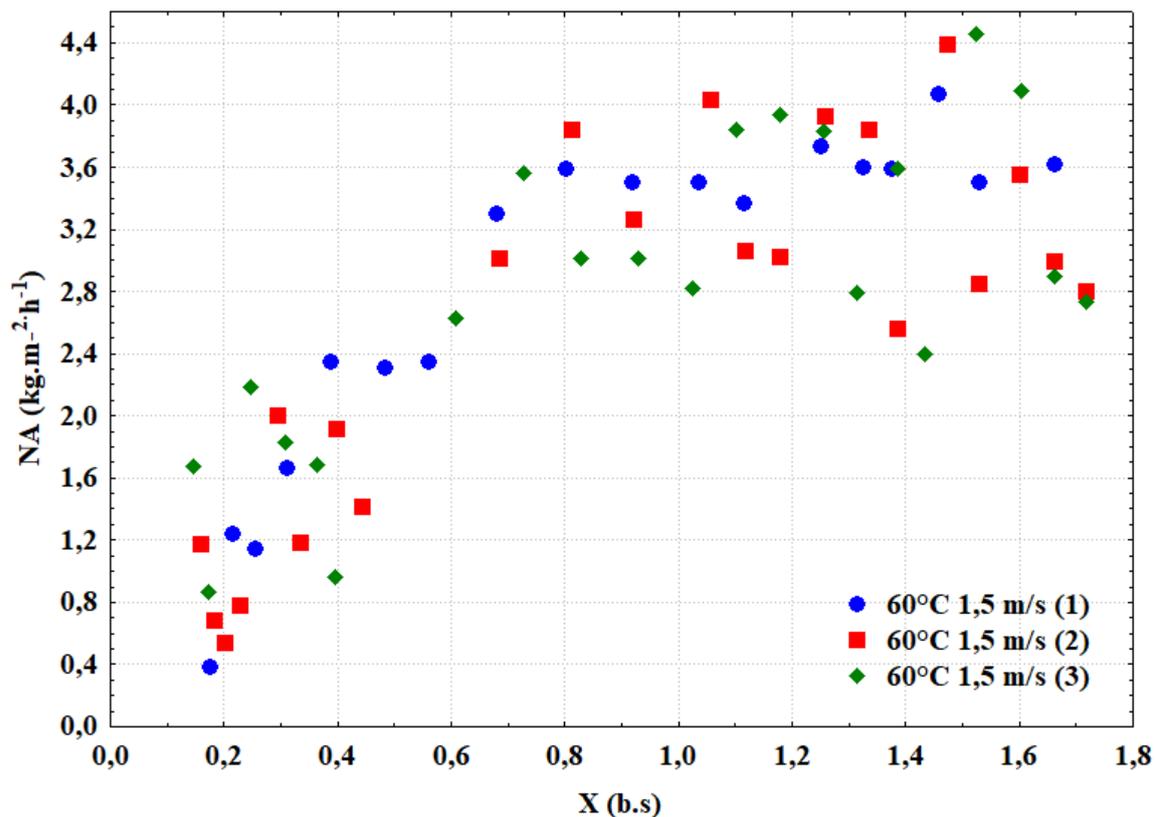
Nas Figuras 11 e 12, pode-se observar que para as temperaturas de 50 e 70°C ocorreu a existência de uma fase constante da taxa de secagem, após esse período a amostra entrou em duas fases distintas de taxa decrescente de secagem no qual o processo passa a ser controlado por difusão de umidade no interior do material.

Na primeira etapa do período de taxa decrescente ocorre uma acentuada variação da umidade da amostra em função do tempo, sendo o mecanismo de difusão líquida responsável pela migração interna de umidade, e na segunda etapa do período de taxa decrescente, a variação

de umidade se torna menos pronunciada, pois o mecanismo de difusão de vapor deve ser o controlador desta etapa (CHIRIFE, 1983).

Na Figura 13 podemos analisar as curvas obtidas pelo delineamento experimental para a temperatura e 60°C e velocidade do ar de secagem de 1,5 m/s.

Figura 13 - Curvas das taxas de secagens do ponto central do delineamento experimental.



Fonte: Autor, 2021.

Nas curvas de secagem para a temperatura de 60°C e velocidade do ar de secagem de 1,5 m/s, pode-se observar que as réplicas do ponto central foram semelhantes, o que evidencia a reprodutibilidade do procedimento experimental como podemos ver na Figura 13.

Quando são observadas a temperatura de secagem de 60°C e velocidade do ar de secagem de 1,5 m/s pode-se notar uma grande variação no tempo de secagem quando comparado com a temperatura de 50°C e velocidade do ar de secagem de 1,0 m/s, porém quando compara-se com a velocidade de 2,0 m/s nos mesmos 50°C não há uma diferença no tempo total de secagem. SANTOS (2019) obteve para essa mesma temperatura e velocidade do ar de secagem um tempo de 165 min para atingir a umidade de 10% sendo que para este trabalho foram necessários em média 85 min para se atingir 13% de umidade

Para a temperatura de secagem de 70°C os tempos de secagem para as velocidades de 1,0 e 2,0 m/s foram de 95 min e 105 min, respectivamente. Estes tempos foram semelhantes aos encontrados para temperatura de 60°C (1,5 m/s) e 50°C (2,0 m/s). Pode-se notar que na maior temperatura a influência da velocidade de secagem foi menos pronunciada do que a 50°C, isto pode ser explicado pelo fato de que na maior temperatura, maior são os coeficientes internos de transferência de massa e maior a força motriz do processo. Percebe-se que nesta condição de secagem (70°C) a taxa de secagem na condição de 2 m/s foi em torno de 30% maior do que a 1 m/s nos primeiros 20 min.

5.3 Composição de compostos bioativos para diferentes parâmetros de secagem

A partir do estudo da secagem em secador com escoamento perpendicular do ar em condições de temperatura e velocidade do ar definidos obteve-se a quantificação dos compostos bioativos presente do bagaço de azeitona seco (atividade antioxidante - AA, compostos fenólicos totais - CFT e carotenoides - CT). Também foram quantificados os compostos bioativos do bagaço de azeitona liofilizado.

A secagem do bagaço de azeitona foi realizada nas condições experimentais apresentadas na Tabela 4. Na Tabela 4 apresenta-se os resultados da umidade final, AA, CFT e CT, *in natura*, liofilizado e seco em secador com escoamento perpendicular do ar do bagaço de azeitona.

Tabela 4 – Resultados do tempo de secagem, X_{bu} , AA, CFT e CT do bagaço de azeitona.

T (°C)	v_{ar} (m/s)	Tempo total de secagem (min)	X_{bu} (b.u.) (%)	AA (%)	CFT (mg _{ácido gálico} /100g _{amostra}) (b.s.)	C.T (b.u.) (µg/g)
<i>In natura</i>	-	-	65,07±0,73	73,70±0,53	45,33±3,70	53,93±15,77
Liofilizado	-	-	3,52	83,39±0,41	82,23±5,62	21,78±0,84
50	1,0	195	14,04	82,00±0,49	35,33±1,85	22,23±0,84
50	2,0	105	12,22	68,70±0,20	27,70±3,54	27,03±3,46
70	1,0	95	12,57	77,40±0,49	32,33±3,39	23,63±0,28
70	2,0	95	11,81	69,01±0,14	32,33±3,39	35,28±1,32
60	1,5	85	13,97	63,87±0,33	37,40±0,08	29,97±1,30
60	1,5	95	13,92	64,20±0,33	37,13±0,08	30,08±0,95
60	1,5	90	12,74	64,53±0,33	38,01±0,64	26,76±1,32

Fonte: Autor, 2021.

Valor médio ± desvio médio (n=3 repetições)

Ao analisar a composição quanto a AA e os CFTs para a temperatura de 50°C nota-se que há uma redução de 16% e 21% respectivamente com o aumento da velocidade do ar, o mesmo acontece quando se compara a AA na temperatura de 70°C, evidenciando que a velocidade do ar de secagem é um fator importante, pois seu aumento acarretará em um decréscimo na AA e nos CFT. Este fato pode ser explicado pois, com o aumento da velocidade do ar e da temperatura haverá um aumento nas taxas de secagem o que acarretará em um aumento na transferência de massa entre o produto e o ar de secagem fazendo com que parte dos CFTs que são responsáveis pela maior parte da atividade antioxidante seja perdida durante o processo.

Quando são analisados os resultados para AA, CFT e CT na condição de 60°C e 1,5 m/s, pode-se observar que as réplicas do ponto central foram semelhantes, o que evidencia a reprodutibilidade do procedimento experimental.

Segundo Araújo (2011), a degradação de compostos fenólicos influencia diretamente na capacidade antioxidante de alimentos, visto que os fitoquímicos podem ser oxidados mediante temperaturas elevadas, se degradando em quinonas, e combinando-se com aminoácidos, tornando esses compostos indisponíveis.

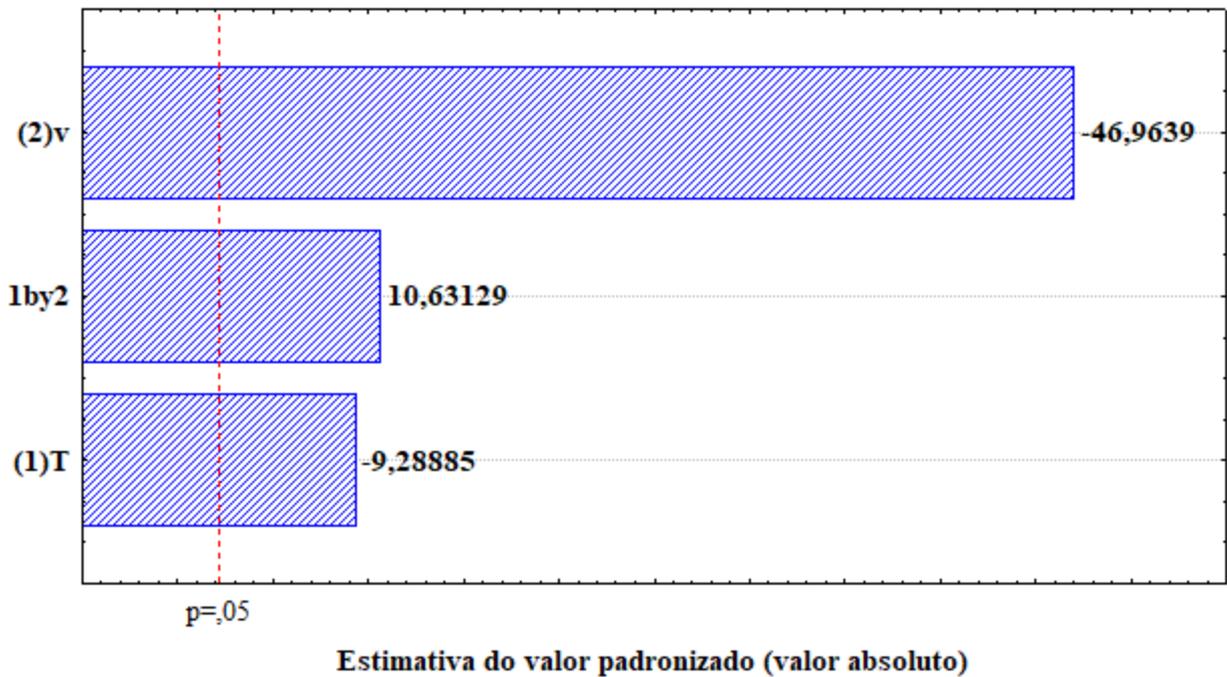
Quando se trata de CT percebe-se que ambos os fatores (temperatura e velocidade do ar de secagem) tem uma influência positiva sobre o conteúdo de CT, o que pode ser explicado pelo fato de um acréscimo na temperatura e na velocidade de secagem aumenta a taxa de transferência de massa e conseqüentemente diminuirá o tempo de secagem fazendo com que haja uma redução da degradação dos carotenoides presentes na amostra.

Quando compara-se a secagem nas temperaturas de 50°C, 60°C e 70°C e seus velocidades de 1,0; 1,5 e 2,0 m/s respectivamente com o método de secagem por liofilização nota-se que a degradação de compostos bioativos como AA e CFT foi reduzida substancialmente na liofilização, isso pode ser explicado pelo fato da liofilização não usar temperaturas elevadas no processo de secagem, fazendo com que haja uma menor possibilidade de perda desses compostos bioativos durante o processo.

5.4 Influência das variáveis estudadas na secagem

A influência das variáveis analisadas no planejamento experimental durante a secagem do bagoço pode ser visualizada no diagrama de Pareto com os efeitos padronizados para atividade antioxidante - AA (Figura 14), compostos fenólicos totais - CFT (Figura 15) e carotenoides - CT (Figura 16).

Figura 14 - Diagrama de Pareto para atividade antioxidante (AA).

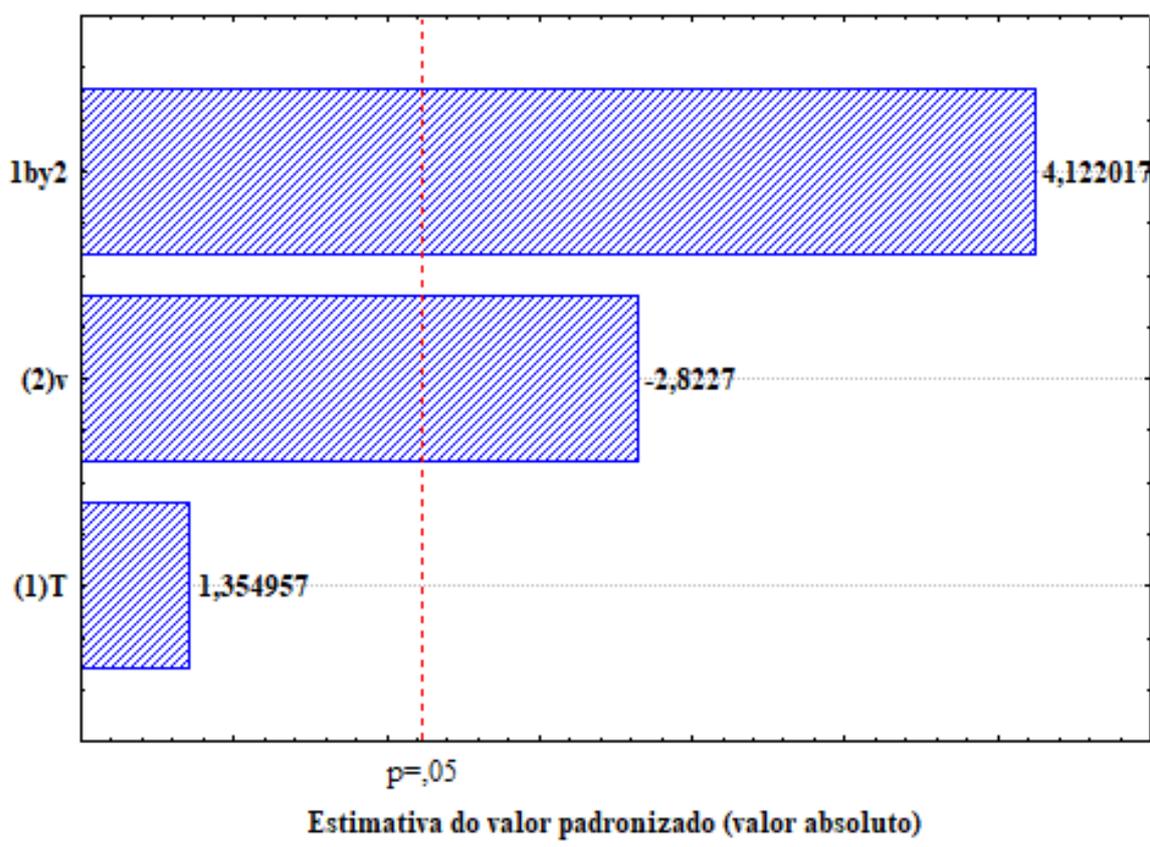


Fonte: Autor, 2021.

Como pode ser observado na Figura 14 as variáveis independentes (velocidade do ar de secagem e temperatura) possuem um efeito significativo nas respostas da atividade antioxidante, as interações entre as duas variáveis independentes também possuem um efeito significativo sobre a resposta da atividade antioxidante. Neste caso pode-se afirmar que a velocidade tem um efeito significativo maior de grau negativo, a temperatura de secagem também possui um efeito negativo na resposta de atividade antioxidante, ou seja um incremento nas variáveis independentes velocidade do ar e temperatura resultará numa diminuição da variável resposta.

Isso pode ser justificado pelo fato de que com o aumento da velocidade há um aumento na taxa de transferência de massa, conseqüentemente, a uma maior taxa de evaporação podendo arrastar compostos fenólicos que possuem alto poder antioxidante e temperaturas maiores tendem a aumentar a temperatura da amostra e, conseqüentemente, aumentam os coeficientes de difusão do material e aumentam a força motriz do processo, com isso aumentando também as taxas de transferência de massa.

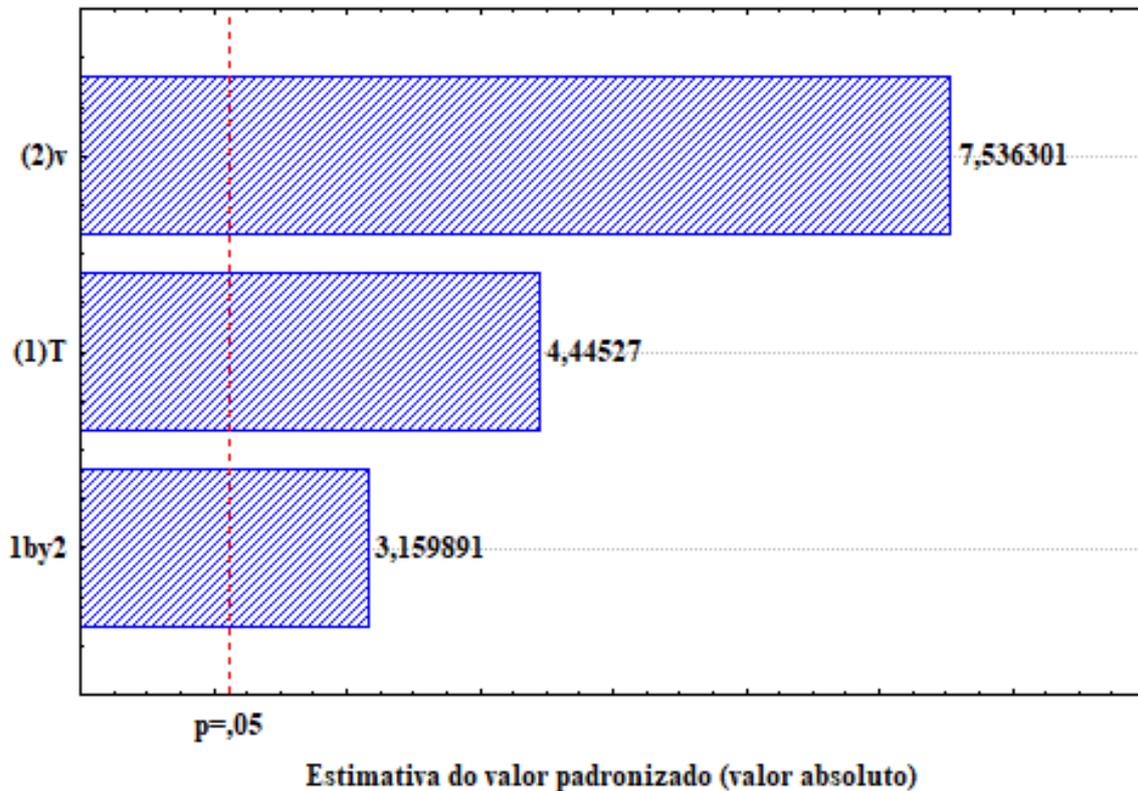
Figura 15 - Diagrama de Pareto para compostos fenólicos totais (CFT).



Fonte: Autor, 2021.

Quando trata-se da resposta das variáveis independentes sobre a composição dos compostos fenólicos pode-se afirmar de acordo com a Figura 15 que a variável independente velocidade possui um efeito significativo sobre a resposta, juntamente com a interação entre a variável velocidade e temperatura. O efeito da variável independente velocidade do ar de secagem foi negativo, ou seja, um incremento na velocidade do ar de secagem significará um decréscimo na variável resposta compostos fenólicos totais. Essa variação negativa dos compostos fenólicos com o aumento da velocidade também pode ser explicada pelo fato de que um aumento na velocidade ocasiona um aumento na taxa de secagem, consequentemente uma maior taxa de evaporação o que favorece uma possível perda de parte dos CFTs.

Figura 16 - Diagrama de Pareto para carotenoides (C.T).



Fonte: Autor, 2021.

Como pode ser observado na Figura 16 as variáveis independententes (velocidade do ar de secagem e temperatura) possuem um efeito significativo nas respostas da carotenoides o mesmo acontece para interações entre as duas variáveis independententes. Neste caso, pode-se afirmar que a velocidade tem um efeito significativo maior. Ambas as variáveis independententes possuem um efeito significativo positivo, ou seja, qualquer acréscimo na temperatura ou/ velocidade de secagem acarretará em um aumento na resposta carotenoides. O fato pode ser explicado pois com um aumento da temperatura e da velocidade do ar de secagem promovem um aumento da taxa de secagem, conseqüentemente diminuem o tempo de exposição da amostra a altas temperaturas, assim promovendo uma menor degradação nos C.T.

Com a análise das Figuras 14, 15 e 16 pode-se afirmar que a velocidade do ar de secagem é a única variável independente que tem um efeito significativo sobre as três respostas do planejamento experimental atividade antioxidante, compostos fenólicos e carotenoides.

5.5 Caracterização da farinha obtida na melhor condição de secagem

A melhor condição para a obtenção da farinha da polpa do bagaço da azeitona foi a de temperatura de 70°C e velocidade de 1 m/s (tempo de secagem de 95 min), pois embora a

amostra seca na temperatura de 50°C e 1 m/s (tempo de secagem de 195 min) apresentou a menor degradação dos compostos bioativos, a 70°C e 1 m/s o tempo de secagem foi praticamente a metade do que a 50°C e 1 m/s, evidenciando-se assim o menor consumo energético (e mais viável economicamente) na produção da farinha nas condições de 70°C e 1 m/s.

Para melhor condição de secagem escolhida obteve-se $77,40 \pm 0,49\%$, $32,33 \pm 3,39$ mg ácido gálico/100g amostra, $23,63 \pm 0,28$ µg/g para AA, CFT e C.T respectivamente.

A composição centesimal da farinha da polpa pode ser observada na Tabela 5.

Tabela 5 - Resultados da composição centesimal da farinha do bagaço de azeitona seco.

Parâmetro (Base Seca)	Farinha do bagaço
X_{bu} (%) (b.u.)	$8,48 \pm 0,05$
Cinzas (%)	$3,45 \pm 0,12$
Proteínas (%)	$6,75 \pm 0,80$
Lipídeos (%)	$26,72 \pm 0,68$
Fibras (%)	$40,18 \pm 2,45$
Carboidratos (%)	$14,42 \pm 4,10$

Fonte: Autor, 2021.

Valor médio \pm desvio médio (n=3 repetições)

O teor de umidade encontrado pelo presente trabalho foi de $8,48 \pm 0,05\%$ valor este que está dentro dos parâmetros estabelecidos pela RDC n° 263, de 22 de setembro de 2005, que regulamenta os produtos cereais, amidos, farinhas e farelos, a qual estabelece que o teor máximo permitido de umidade para farinhas seja de no máximo 15%. O valor encontrado para umidade foi semelhante ao encontrado por Santos *et al.*, (2017) para farinha de folhas de oliveiras os quais encontraram um valor de 8,26%. No entanto outras pesquisas com farinhas não-convencionais como de Silva *et al.* (2013), que encontraram valores para farinha de taioba (10,49%) e de mostarda (11,35%), estando estes um pouco acima do encontrado pelo presente trabalho, mas ainda dentro do estabelecido pela legislação. Como podemos notar há uma discrepância nos resultados que pode ser explicada pelas diferenças de condições de secagem utilizadas nos diferentes trabalhos.

Os valores para cinzas encontrados no presente trabalho foi de $3,45 \pm 0,12\%$ ligeiramente superior ao encontrado por Santos (2019) e superior ao encontrado por Santos *et al.*, (2017) para farinha de folha de oliveira que foi 0,22% para a mesma cultivar. A presença de minerais em alimentos é muito variável pois dependem de vários fatores, entre eles o solo e

as necessidades nutritivas de cada planta. As maiores reduções de minerais se devem aos minerais solúveis em água ou durante processo de moagem (ORDÓÑEZ *et al.*, 2005).

Para os teores de proteínas o presente trabalho encontrou $6,75 \pm 0,80\%$ valor este inferior ao encontrado por Santos (2019) o qual encontrou 8,16% e inferior também ao encontrado por Santos *et al.*, (2017) que foi de 10,13% para a farinha de folha de oliveira. De acordo com a tabela brasileira de composição de alimentos (TACO), a farinha de trigo é composta por 9,80% de proteínas (TACO, 2011). A diferença entre os valores pode ser explicada de acordo com Ordóñez *et al.* (2005), que citam que devido ao processo de secagem podem ocorrer alterações nas cadeias laterais de aminoácidos provocando uma mudança na estrutura da proteína. O valor evidencia que há mais proteínas na fração da polpa que na fração total do bagaço com polpa e caroço.

Para o teor de lipídios o valor encontrado foi de $26,72 \pm 0,68\%$ valor este muito superior ao encontrado por Santos (2019) o qual encontrou valores de $9,04 \pm 0,12\%$ para farinha do bagaço de azeitona, valor semelhante ao encontrado por Santos *et al.*, (2017) para folhas de oliveira *in natura* que foi de 7,32%. O valor de lipídios praticamente se manteve o mesmo após o processamento da farinha, pois o processo para sua produção não interferiu significativamente nos níveis desse componente, no entanto ainda há uma diferença entre o valor encontrado para a amostra *in natura* que foi de 19,84%.

O teor de fibras encontrados no presente trabalho foi de $40,18 \pm 2,45\%$ superior aos 29,44% encontrados por Santos (2019) e superior também aos encontrados por Santos *et al.*, (2017) na farinha de folhas de oliveira e Silva *et al.*, (2013) na farinha de mostarda os quais encontraram teores de fibras de 27,87 e 21,13% respectivamente. De acordo Brasil (1998) um alimento é considerado com alto teor de fibras quando possui um valor mínimo de 6 g de fibras para 100g de produto sólido, sendo assim a farinha produzida da polpa do bagaço da azeitona pode ser incluída na dieta como fonte de fibras.

O valor encontrado para carboidratos foi de $14,42 \pm 0,0\%$, sendo este inferior ao encontrado para o bagaço bruto que foi de 49,87%, o valor também é inferior ao encontrado por Santos (2019) que encontrou 49,78%. O valor menor de carboidratos encontrados justifica-se pelo fato de que o teor de lipídios, fibras e proteínas na farinha da polpa do bagaço são superiores aos encontrados no bagaço *in natura*. As composições de carboidratos podem variar perante o tipo de planta, pois são os primeiros compostos orgânicos formados nas células fotossintéticas das plantas.

A Figura 17 apresenta imagem fotográfica da farinha de polpa do bagaço de azeitona obtida na secagem do bagaço em secador com escoamento perpendicular do ar.

Figura 17 - Aspecto visual da farinha da polpa do bagaço da azeitona.



Fonte: Autor, 2021.

Após a análise da melhor condição e a produção desta farinha (Figura 17) foi realizada sua caracterização física onde os parâmetros atividade de água (a_w), índice de solubilidade (%ISA), índice de absorção de água (IAA), tamanho de partícula e massa específica real (ρ_{real}) foram determinados, como pode ser observado na Tabela 6.

Tabela 6 - Características físicas da farinha da polpa do bagaço da azeitona.

Análises	Farinha
Atividade de água (a_w)	0,601±0,60
Índice de solubilidade em água (%)	34,65±0,75
Índice de absorção de água (g/g)	0,87±0,02
Diâmetro médio (μm)	97,96±1,68
Massa específica (g/cm^3)	1,266±0,001

Fonte: Autor, 2021.

Valor médio \pm desvio médio (n=3 repetições)

Quanto às características físicas de atividade de água, o presente estudo encontrou para este parâmetro 0,601, valor superior ao encontrado por Santos (2019) o qual encontrou um valor de 0,341 para atividade de água. O valor encontrado para atividade de água fica mais próximo dos valores encontrados nos estudos de Amorim *et al.*, (2016) que encontraram valores de 0,54 e 0,61 para farinha de trigo e polvilho respectivamente. Brito (2016) encontrou valores de 0,202; 0,257 e 0,188 para atividade de água do bagaço de azeitona seca em *spray dryer*, valores estes muito inferiores aos encontrados neste presente trabalho. O parâmetro atividade de água é de suma importância no processo tecnológico dos alimentos, pois através dele pode-se avaliar o quão suscetível o alimento está para a deterioração, com isso também pode-se avaliar a vida

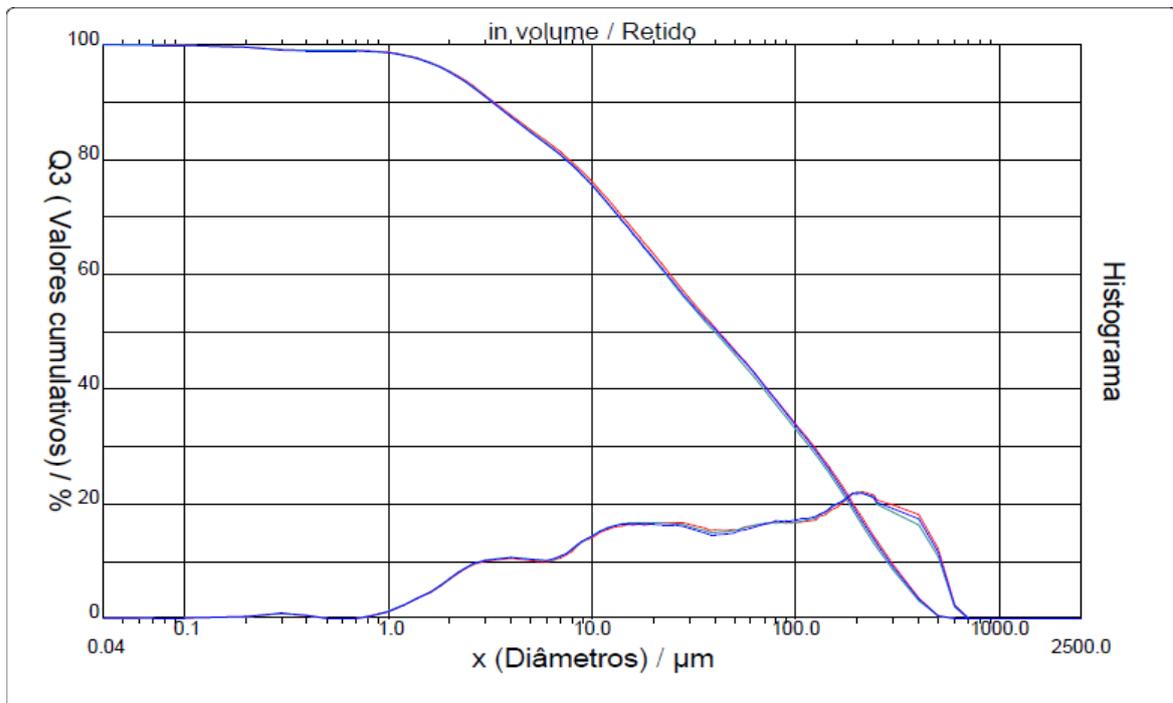
de prateleira produto (FELLOWS, 2006). Valores de atividade de água inferiores a 0,60 tem a capacidade de cessar a grande maioria das reações biológicas nos alimentos (BERG; BRUIN, 1981). Como pode-se notar o valor encontrado no presente trabalho está ligeiramente acima dos valores citados pelos autores anteriormente.

O presente trabalho encontrou para o índice de solubilidade em água um valor de 34,65% valor este muito superior ao encontrado por Santos (2019) o qual encontrou um valor de 1,67%, Moura *et al* (2011) em seu estudo sobre extrusados de farinha mista de feijão, milho e arroz encontraram valores para o índice de solubilidade de 9,22%. Pires *et al* (2017) encontraram valores de 25,20% de índice de solubilidade para farinha de banana nanicão, valor este ainda muito inferior ao encontrado pelo presente trabalho.

Para o índice de absorção de água o presente trabalho encontrou um valor de 0,87 g/g valor bastante inferior aos encontrados por Moura *et al.* (2011) para extrusados de farinhas mistas de feijão, milho e arroz, os quais encontraram valores de 6,18 g/g segundo o mesmo autor, os baixos teores de umidade presente em amostras podem levar a baixos índices de absorção de água. Santos (2019) encontrou valores de 2,03 g/g para o índice de solubilidade, valor este muito ainda superior ao encontrado pelo presente trabalho. O trabalho de Moura *et al.*, (2011) considera o percentual de amido presente em cada farinha, pois o processo de gelatinização do grânulo de amido é favorecido pelo aquecimento elevando assim o índice de absorção de água.

Na Figura 18, pode-se observar a distribuição granulométrica da farinha da polpa do bagaço da azeitona.

Figura 18 - Distribuição granulométrica da farinha da polpa do bagaço da azeitona.



Fonte: Autor, 2021.

Como pode ser visto a distribuição granulométrica da farinha da polpa do bagaço da azeitona foi bastante ampla, apresentando uma faixa de diâmetros entre 1 a 500 μm com vários picos de distribuição sobrepostos; pode-se perceber ainda que aproximadamente 67% das partículas apresentam diâmetro médio de 100 μm . O diâmetro médio de partícula encontrado no presente trabalho foi de $97,96 \pm 1,68 \mu\text{m}$, valores estes dentro dos padrões encontrados por Costa *et al.* (2003) que analisaram diferentes amostras de farinha de trigo que encontrou em todas as amostras 20 a 100 μm .

Quanto a massa específica obteve-se um valor de $1,266 \pm 0,001 \text{ g/cm}^3$ superior aos encontrados por Yoshida *et al.*, (2014), quando utilizaram a farinha de *okara*, obtiveram uma densidade entre 0,40 e 0,46 g/m^3 .

6 CONCLUSÃO

Verificou-se que o bagaço da azeitona *in natura* possui grandes quantidades de compostos bioativos tendo este trabalho como resultado valores de umidade, cinzas, proteínas, lipídeos, fibras e carboidratos de, $65,07 \pm 0,73\%$, $3,75 \pm 0,0\%$, $4,19 \pm 1,02\%$, $19,94 \pm 0,04\%$, $22,25 \pm 3,75\%$ e $45,33 \pm 0,3,70\%$ respectivamente.

Foram obtidas as curvas de cinética de secagem $X(g_{H_2O}/g_{ss})$ em função do tempo (min) e da taxa de secagem ($kg/m^2.h$) em função do conteúdo de umidade $X(g_{H_2O}/g_{ss})$, onde foi possível observar o comportamento dessas curvas nas diferentes temperaturas e velocidades de secagem, onde foi possível observar com clareza no caso das temperaturas de $50^\circ C$ e $70^\circ C$ com velocidade de 1,0 e 2,0 m/s respectivamente as fases de taxa constante e decrescente.

Concluiu-se que a melhor condição de secagem para a obtenção da farinha da polpa do bagaço da azeitona foi a de $70^\circ C$ e 1 m/s, pois a mesma forneceu uma menor perda dos compostos bioativos presentes no bagaço em um período de tempo relativamente curto.

Foram encontrados como resultado da análise da farinha obtida na melhor condição de secagem os valores para umidade, cinzas, proteínas, lipídios, fibras e carboidratos de $8,48 \pm 0,05\%$, $3,45 \pm 0,12\%$, $6,75 \pm 0,80\%$, $26,72 \pm 0,68\%$, $40,18 \pm 2,45\%$ e $14,42 \pm 4,10\%$ respectivamente. Para as características físicas encontrou-se valores para atividade de água, índice de solubilidade, índice de absorção, diâmetro médio e massa específica de $0,601 \pm 0,60$, $34,65 \pm 0,75\%$, $0,87 \pm 0,02 g/g$, $97,96 \pm 1,68 \mu m$ e $1,266 \pm 0,001 g/cm^3$ respectivamente.

Com a análise dos resultados da farinha obtida na melhor condição de secagem evidenciou-se que mesma possui alto teor de fibras, atividade antioxidante e compostos fenólicos podendo ser utilizada como uma boa alternativa para enriquecimento nutricional de produtos alimentícios, além de agregar valor ao bagaço de azeitona, havendo uma redução dos impactos ambientais dos resíduos da produção oleícola, pois esses subprodutos poderão ser mais reutilizados de uma forma “mais nobre”.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Estudar a estabilidade oxidativa da farinha durante o armazenamento;
- Utilizar a farinha obtida da polpa do bagaço de azeitona seco (melhor condição) na elaboração de um produto alimentício como no pão por exemplo;
- Aplicar um planejamento experimental que permita a obtenção de uma região de otimização estatística das condições de secagem do bagaço de azeitona;
- Obter e caracterizar a farinha do caroço do bagaço de azeitona seco, além de utilizá-lo na elaboração de um produto alimentício;
- Utilizar o caroço obtido na separação das frações como material adsorvente no tratamento de águas e efluentes;
- Extrair compostos (bioativos e/ou lignocelulosicos) presentes tanto na polpa quanto no caroço obtido a partir da secagem do bagaço de azeitona.

REFERÊNCIAS

- ALBIN, A.; VILLAMIL, J. Aceite de oliva: tradicional sabor mediterráneo, rejuvenecido en tierras Uruguayas. **Montevideo: Editora de Vecho**, p. 25-28, 2003. Disponível em: http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/lb/ara/2003/ago_03.pdf. Acesso em: 25 jan. 2021.
- ALBIN, A.; VILLAMIL, J. Aceite de oliva: tradicional sabor mediterráneo, rejuvenecido en tierras Uruguayas. **Montevideo: Editora de Vecho**, p. 25-28, 2003. Disponível em: http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/lb/ara/2003/ago_03.pdf. Acesso em: 25 jan. 2021.
- ALBURQUERQUE, J. A. *et al.* **Agrochemical characterisation of “alperujo”, a solid by-product of the two-phase centrifugation method for olive oil extraction**. v. 91, p. 195–200, 2003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852403001779>. Acesso em: 15 set. 2021.
- ALCAIDE, E.M.; GARCÍA, A.I.M.; RUIZ, D.R.Y. Los subproductos del olivar en la alimentación de rumiantes. **Informe Veterinario, Portal Veterinaria Albeitar**, n.140, p.32-34, 2010. Disponível em: https://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/43-olivar.pdf. Acesso em: 14 fev. 2021.
- ALU'DATT, M. H. *et al.* Optimisation, characterisation and quantification of phenolic compounds in olive cake. **Food Chemistry**, v. 123, n. 1, p. 117–122, 2010. Disponível em: <https://scite.ai/reports/10.1016/j.foodchem.2010.04.011>. Acesso em: 15 jan. 2021.
- AMBROSIO, C. L. B.; CAMPOS, F.A.C.S; FARO, Z.P. Carotenóides como alternativa contra a hipovitaminose. **Revista Nutrição**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 233-243, Apr. 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-52732006000200010&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 15 abr. 2021.
- AMORIM, K. A. *et al.* Granulometria e atividade de água de farinha de trigo, polvilho e trigo moído. **XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, n. 64, p. 0–5, 2016. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/sbctars-eventos/xxvcbcta/anais/files/1526.pdf>. Acesso em: 20 set. 2021.
- ARANTES, R. **Avaliação da ação do pó da folha de oliveira (D-lenolato) em indicadores fisiológicos do murganho**. Dissertação (Mestrado em Biologia Clínica Laboratorial). Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro; p.1-74, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/277159833_Avaliacao_da_acciao_do_po_da_folha_de_oliveira_D-lenolato_em_indicadores_fisiologicos_do_murganho. Acesso em: 20 fev. 2021.
- ARROYO-LÓPEZ, F.N. *et al.* Role of yeasts in table olive production. **Internacional Journal of Food Microbiology**, v.8, p.89-96, 2008. Disponível em <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18835502>. Acesso 25 fev. 2021.
- BEN OTHMAN, N. *et al.* Antioxidant phenolic compounds loss during the fermentation of Chétoui olives. **Food Chemistry**, v.6, 662-669, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.02.084>. Acesso em 15 mar. 2021.

BERG, C.V.D; BRUIN, S. Water activity and its estimation in food systems: Theoretical aspects. **Water activity: Influences on Food Quality**, p. 1–61, 1981.

BIRON, C. **Carolo de azeitona (*Olea europae L.*): preparação, caracterização e sua aplicação como biossorbente na remoção do corante violeta de metila de solução aquosa**. 201 p. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Pampa, Campus Alegrete, Alegrete, 2016.

BLASA, M. *et al.* Honey flavonoids as protection agents against oxidative damage to human red blood cells. **Food Chemistry**. v.4, p.35 - 40., 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.03.014>. Acesso em: 22 mar. 2021.

BÖHMER, B. W. **Potencial antimicrobiano e antitumoral de compostos fenólicos extraídos do bagaço oriundo da obtenção de azeite de oliva (*Olea europaea L.*)**. 2018. 77p. (Dissertação Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas. Disponível em: <http://guaiaca.ufpel.edu.br:8080/bitstream/prefix/4134/1/DISSERTA%20c3%87%c3%83O%20FINAL-%20BRUNA%20B-%202018.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2021.

BOSKOU, D. **Olive Oil: Chemistry and Technology**. 2. ed. Thssaloniki: AOCS PRESS, 2006. Disponível em: <http://aevnmont.free.fr/SACH-BOOKS/Petrochemistry/Olive%20Oil%20Chemistry%20and%20Technology/AO9788ch5.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2021.

BRASIL. Resolução de Diretoria Colegiada – RDC nº 263 de 22 de setembro de 2005. Dispõe sobre regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. **Diário Oficial da União**, 2005. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0263_22_09_2005.html#:~:text=1%C2%BA%20Aprovar%20o%20E2%80%9CREGULAMENTO%20T%C3%89CNICO,Regulamento%20para%20adequarem%20seus%20produtos.&text=5%C2%BA%20Esta%20Resolu%C3%A7%C3%A3o%20entra%20em%20vigor%20na%20data%20de%20sua%20publica%C3%A7%C3%A3o. Acesso em: 20 set. 2021.

BRASIL. Resolução n.12 - CNNPA, de 24 julho de 1978. A CNNPA do Ministério da Saúde aprova 47 padrões de identidade e qualidade relativos a alimentos e bebidas para serem seguidos em todo território brasileiro. **Diário Oficial da União**. 1978 24 jul; Seção 1. Disponível em: <https://silo.tips/download/agencia-nacional-de-vigilancia-sanitaria-53#:~:text=Resolu%C3%A7%C3%A3o%20D%20CNNPA%20n%C2%BA%2012%2C%20de%201978&text=Sess%C3%A3o%20Plen%C3%A1ria%2C%20realizada%20em%2030,efeito%20em%20todo%20territ%C3%B3rio%20brasileiro>. Acesso em: 12 abr. 2021

BRITO, R. F. **Valorização Integrada de Resíduos e Subprodutos da Extração do Azeite: Extração e Caracterização de Compostos Bioativos do Bagaço de Azeitona**. Dissertação (Tecnologia de Alimentos) - Instituto Superior de Engenharia, Universidade do Algarve, 2016. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.1/8667>. Acesso em 20 jan. 2021.

CARDOSO, S. M. *et al.* Characterisation of phenolic extracts from olive pulp and olive pomace by electrospray mass spectrometry. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.85, p.21–32. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jsfa.1925>. Acesso em: 25 mar. 2021.

CENTRE D'INITIATIVE POUR LA PRODUCTION PROPRE - CIPPP. 2000. **Prévention de la pollution dans la production d'huile d'olive**. Ministère de l'Environnement, Gouvernement Autonome de la Catalogne. Barcelona. Disponível em: http://www.cprac.org/docs/oli_fr.pdf. Acesso em: 20 set. 2012.

CHAROENPRASERT, S; MITCHELL, A. Factors Influencing Phenolic Compounds in Table Olives (*Olea europaea*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.60, p.81-95, 2012. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/jf3017699>. Acesso em 15 mar. 2021.

CHIRIFE, J. Fundamentals of the drying mechanism during air dehydration of foods. In: MUJUMDAR, A. (Ed) **Advances in drying**. Washington/ New York/ London: Ed. Hemisphere Publishing Corporation, v.3, p. 73-102, 1983.

Conselho Oleico Internacional - COI. **Séries estatísticas de azeite e azeitona de mesa**, 2014 Disponível em: <http://www.internationaloliveoil.org/news/index>. Acesso em: 10 jan. 2021.

COPPA, C. F. S. C. **Extração de oleuropeína de folhas de oliva com solvente hidroalcoólico e efeito dos extratos sobre a estabilidade oxidativa de óleos vegetais**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, 2016. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/74/74132/tde-01062016-114325/publico/ME8844799COR.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2021.

CREMASCO, M.A. **Operações Unitárias em Sistemas Particulados e Fluidomecânicos**. São Paulo: Editora Blücher, 2012.

COUTINHO, E. F.; RIBEIRO, F. C.; CAPPELLARO, T. H. **Sistemas de Produção: Cultivo de Oliveira (*Olea europaea L.*)**. 1. ed. Pelotas: Embrapa, 2009. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/783494/1/sistema16.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2021.

CRUZ, S. K. DA *et al.* Secagem de bagaço de oliveira: Influência da velocidade do ar na concentração de compostos bioativos. **8º Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão – Universidade Federal do Pampa**, n. 1, p. 2, 2014.

CUSTÓDIO, T. **Azeites extra-virgem comerciais: composição em compostos voláteis e relação com parâmetros químicos de qualidade**. Dissertação (Mestrado em Controle de Qualidade), Faculdade de Farmácia, Universidade do Porto, 2009. Disponível em: https://sigarra.up.pt/ffup/pt/pub_geral.show_file?pi_doc_id=33501. Acesso 20 fev. 2021

DAMIANI, C. *et al.* Aproveitamento de resíduos vegetais para produção de farofa temperada. **Revista Alimentos e Nutrição**, v. 22, n. 4, p. 657-662, out/dez. 2011. Disponível em: <https://www.bibliotecaagpatea.org.br/agricultura/adubacao/APROVEITAMENTO%20DE%20RESIDUOS%20VEGETAIS%20PARA%20A%20PRODUCAO%20DE%20FAROFA%20TEMPERADA.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2021.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.

DE LEONARDIS, A., *et al.* Isolation of a hydroxytyrosol-rich extract from olive leaves (*Olea Europaea L.*) and evaluation of its antioxidant properties and bioactivity. **European Food research and Technology**. v.226, p. 653 – 659, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00217-007-0574-3>. Acesso em: 15 mar. 2021.

DIAS, C. S.; PEREIRA, M. DA S. Caracterização do bagaço de azeitona liofilizado da safra 2016 e 2017 da região da Campanha. **9º Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão – Universidade Federal do Pampa**, p. 5, 2017. Disponível em: https://guri.unipampa.edu.br/uploads/evt/arq_trabalhos/14594/seer_14594.pdf. Acesso em: 20 set. 2021.

DUARTE, C. **Extração e Encapsulamento de Compostos Bioativos do Bagaço de Azeitona**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar) – Instituto Superior De Agronomia Universidade Técnica de Lisboa, 2011. Disponível em: <https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/4195/1/Extrac%C3%A7%C3%A3o%20e%20Encapsulamento%20dos%20Compostos%20Bioativos%20do%20Baga%C3%A7o%20e%20Azeitona.pdf>. Acesso em 15 fev. 2021.

DUARTE, C. L. *et al* Os subprodutos agroindustriais de natureza lenhocelulósica: caracterização da situação portuguesa. In: **Revista de Engenharia Química**. v. 5, p. 56 - 62. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.9/470>. Acesso em: 15 abr. 2021.

EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Desafios da olivicultura no Estado do Rio Grande do Sul**, 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/18641373/desafios-da-olivicultura-no-rs-sao-debatidos-em-evento-estadual>. Acesso em: 11 de mai., 2021.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. 2.ed. São Paulo: Atheneu, p.25-37 1998.

FASOLIN, L. H. *et al.* Chemical, physical and sensorial evolution of banana meal cookies. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**., v.27, n. 3, p. 787-792,2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cta/v27n3/a16v27n3.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2021.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos: Princípios e práticas**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

GARCIA, L. P. **Liofilização aplicada a alimentos**. 2009. 45p. Trabalho Acadêmico (Graduação Bacharelado em Química de Alimentos) - Universidade Federal de Pelotas RS, 2009. Disponível em: <https://xdocs.com.br/doc/liofilizacao-aplicada-a-alimentos-7d8myvwzxp8p>. Acesso em 22 abr. 2021.

GEANKOPLIS, C. J. **Transport Process and Unit Operations**, 3 rd edition, Prentice-Hall, p. 921, 1993.

GHANBARI, R. *et al.* Valuable Nutrients and Functional Bioactives in Different Parts of Olive (*Olea europaea L.*). **International Journal of Molecular Sciences**, v.13, p.291-340, 2012. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3317714/>. Acesso 15 mar. 2021.

GUINDA, A. Use of solid residue from the olive industry. **Grasas y Aceites**, v.57, p.107 – 115, 2006. Disponível em:

<http://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/view/26/25>. Acesso em: 25 mar. 2021.

HAN, X.; SHEN, T.; LOU, H. Dietary polyphenols and their biological significance. **International Journal of Molecular Sciences**, v.8, n.9, p.950–988, 2007. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3871896>. Acesso 20 abr. 2021.

HELDMAN HALLIWELL, B. Food-derived antioxidants: how to evaluate their importance in food and *in vivo*. p. 1-37. In Cadenas, E., and L. Packer (eds.) **Handbook of antioxidants: revised and expanded**. Marcel Dekker, New York, USA, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1201/9780203904046>. Acesso 22 mar. 2021.

HELDMAN, D.R; HARTEL, R.W., **Principles of Food Processing**. Chapman & Hall, p.1-218, 2000.

HOCH, G.C. **Silagens de alimentos alternativos para ruminantes**. 90 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Pampa, Campus Uruguaiiana, Uruguaiiana, 2017. Disponível em:

<http://dspace.unipampa.edu.br:8080/jspui/handle/rii/1744>. Acesso em: 20 de jun. 2021.

HORST, M. A.; MORENO F. S. **Funções Plenamente Reconhecidas de Nutrientes - Carotenoides**. Série de Publicações ILSI Brasil. 1ª ed. São Paulo: ILSI Brasil, 2009, v. 6, p. 1-36. Disponível em: https://nutritotal.com.br/pro/wp-content/uploads/sites/3/2019/03/Fun%C3%A7%C3%B5es_carotenoides.pdf. Acesso em: 11 abr. 2021.

IBARZ, A.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V., eds. **Unit operations in food engineering**. Boca Raton: CRC Press, 2002. 889 p.

JAVANMARDI, J., *et al.* Chemical characterization of basil (*Ocimum basilicum* L.) found in local accessions and used in traditional medicines in Iran. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 50: 5878 -5883, 2002. Disponível em: <http://10.1021/jf020487q>. Acesso em 12 abr. 2021.

JÚLIO, L. R. C. **Tratamento, caracterização química e estudo in vivo do bagaço de azeitona resultante da extração do azeite de oliva**. [s.l.] Universidade Federal de Lavras, 2015. Disponível em:

http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/4941/1/TESE_Tratamento%20caracteriza%C3%A7%C3%A3o%20qu%C3%ADmica%20e%20estudo%20In%20vivo%20do%20baga%C3%A7o%20de%20azeitona%20resultante%20da%20extra%C3%A7%C3%A3o%20do%20azeite%20de%20oliv.pdf. Acesso em: 12 abr. 2021.

KOUNTOURI, A.M. *et al.* **Bioavailability of the phenolic compounds of the fruits (drupes) of *Olea europaea* (olives): impact on plasma antioxidante**. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2007.06.001>. Acesso em: 05 abr. 2021.

LAFKA, T. *et al.* Phenolic and antioxidant potential of olive oil mill wastes, **Food Chemistry**, 125 (2011) 92–98. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.08.041>. Acesso em: 20 fev. 2021.

LUQUE DE CASTRO, M. D.; GARCIA-AYUSO, L. E. Soxhlet Extraction of Solid Materials: An Outdated Technique with a Promising Innovative Future. **Analytica Chimica Acta**, v. 369, p, 1-10, 1998. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(98\)00233-5](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(98)00233-5). Acesso em: 10 abr. 2021.

LUTZ, I. A. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 1ª Edição Digital. São Paulo, 2008. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/nutricaoobromatologia/files/2013/07/NormasADOLFOLUTZ.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2021

MANDARINO, J. M. G.; ROESSING, A. C.; BENASSI, V. T. **Óleo: alimentos funcionais**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 91 p. Disponível em <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/104298/1/Oleos-alimentos-funcionais.pdf>. Acesso em 12 de jan. 2021

MARQUES, L. G. **Liofilização de frutas tropicais**. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/3870/2148.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 20 abr. 2021.

MARTÍN-GARCÍA, A.I. *et al.* Chemical composition and nutrients availability for goats and sheep of two-stage olive cake and olive leaves. **Animal Feed Science Technology**, v.107, n.1, p.61-74. 2003. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(03\)00066-X](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(03)00066-X). Acesso em: 25 fev. 2021.

MARTINY, T. R. *et al.* A novel biodegradable film based on k-carrageenan activated with olive leaves extract. **Food Science and Nutrition**, [S. I.], v. 8, n. 7, p. 3147- 3156, 2020. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/fsn3.1554>. Acesso em: 10 mai. 2021

MAURO, A.K; SILVA, V.L.M; FREITAS, M.C.J. Caracterização física, química e sensorial de cookies confeccionados com Farinha de Talo de Couve (FTC) e Farinha de Talo de Espinafre (FTE) ricas em fibra alimentar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. 2010; v.30, n.3, p. 719-728. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cta/v30n3/v30n3a24.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2021.

MEDEIROS, R. M. L. *et al.* Reaproveitamento de subprodutos da extração olivícola. **Scientia Agraria Paranaensis**, Acrelândia, v. 15, n. 2, p. 100-108, abr./jun. 2016. Disponível em: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/11905>. Acesso em: 12 fev. 2021.

MEIRELES, G. C. *et al.* Quantificação de fenóis totais e umidade do bagaço de azeitona. **8º Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão – Universidade Federal do Pampa**, n. 1, p. 2, 2014. Disponível em: <https://periodicos.unipampa.edu.br/index.php/SIEPE/article/view/84980>. Acesso em: 28 set. 2021.

MINETTO, L.G. Determinação de polifenóis, antioxidantes e carotenoides em farinhas de batata doce com e sem casca. In: salão do conhecimento unijuí, 8., 2018, Ijuí. **Seminário de Iniciação Científica - Ciências da Saúde**. Ijuí: Unijuí, 2018. p. 1-6. Disponível em:

<https://publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/salaoconhecimento/article/view/9438>. Acesso em: 25 set. 2021

MOLINA-ALCAIDE, E.; MARTIN-GARCIA, A. **Los subproductos del olivar en la alimentación de rumiantes**. p. 15, 2011. Disponível em: https://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/43-olivar.pdf. Acesso em: 22 jan. 2021.

MORE. **Market of olive residues for energy**. 2008. Disponível em: <https://pt.calameo.com/read/0013654577c90725d1106>. Acesso em: 25 fev. 2021.

MOTA, R. V. *et al.* Produtividade e composição físico-química de bagas de cultivares de uva em distintos porta-enxertos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 1, p. 576–582, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/nV8KXmGtzB4y4bSVdpsQNs/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 28 set. 2021.

MUJUMDAR, A.; S. **Handbook of Industrial Drying**. 2ª Ed., v. 1. Marcel Dekker, Inc. 742 p., 1995

OBIED, H. K. *et al.* Bioactivity and Analysis of Biophenols Recovered from Olive Mill Waste. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 823–837, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/jf048569x>. Acesso em 02 abr. 2021.

OREOPOULOU, V.; RUSS, W. **Utilization of by-products and treatment of waste in the food industry**. Kristberg Kristbergsson - University of Iceland, 2007.

PARK, K. J. B. *et al.* Considerações Termodinâmicas das Isotermas (REVIEW). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 10, n. 1, p. 83-94, 2008. Disponível em: <http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev101/Art1010.pdf>. Aceso em: 20 abr. 2021.

PARK, K. J. B. *et al.* Secagem: fundamentos e equações. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 16, n. 1, p. 93-127, 2014. Disponível em: <http://www.bibliotekevvirtual.org/revistas/RBPA/v16n01/v16n01a12.pdf>. Acesso em: 11 mai. 2021.

PEDROSA, S. S. S. **Análise dos componentes do azeite utilizando métodos quimiométricos**. 2010. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Química, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2010. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10773/3977>. Acesso em: 28 mar. 2021.

PIMENTEL, A. S. A. **Capacidade de enraizamento de estacas semi-lenhosas de oliveira das variedades Cobrançosa, Verdeal, Negrinha e Santulhana**. 2010. 97f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Florestais) - Escola Superior Agrária de Bragança. 2010. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10198/3411>. Aceso em: 10 de jan. 2021.

PRETO, L.T. **Utilização da farinha de uva na elaboração de pães de forma**. 2014. 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Graduação em Nutrição, Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/196924/000955871.pdf?sequence=1#:~:text=A%20utiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20farinha%20de,crescimento%20das%20massas%20de%20p%C3%A3es.&text=A%20adi%C3%A7%C3%A3o%20de%20farinha%20de,o%20valor%20nutricional%20nos%20p%C3%A3es.&text=As%20caracter%C3%ADsti>

cas%20da%20farinha%20de%20uva%20poderiam%20interferir%20na%20aceitabilidade%20dos%20p%C3%A3es. Acesso em: 10 mai. 2021

RAMALHEIRO, J. **Contribuição para a caracterização bioquímica do estado de maturação de azeitonas de diferentes variedades**. Dissertação (Mestrado.) Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, 2009. Disponível em: <https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/1940/1/Tese%20de%20Mestrado.pdf>. Acesso em: 15 de fev. 2021.

RIGO, M. *et al.* Avaliação físico-química e sensorial de biscoitos tipo cookie adicionados de farinha de bagaço de malte como fonte de fibra. **Ambiência Guarapuava**. 2017, v.13, n.1, p.47-57. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/3888>. Acesso em 09 mai. 2021.

RODRIGUES, T.L. **Acetilação de compostos lignocelulósicos oriundos do reaproveitamento de resíduo da olivicultura**. 70 p. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Pampa, Campus Bagé, Bagé, 2021.

RODRÍGUEZ, G., *et al.* Olive stone an attractive source of bioactive and valuable compounds. **Bioresource Technology**, 99, 5261–5269. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.11.027>. Acesso 10 mar. 2021.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. A Guide to carotenoid analysis in foods. Washington: **Internacional Life Sciences Institute Press**, 2001. 64 p. Disponível em: <http://beauty-review.nl/wp-content/uploads/2014/11/A-guide-to-carotenoid-analysis-in-foods.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2021.

ROIG, A.; CAYUELA, M.L.; SÁNCHEZ-MOREDENO, M.A. An overview on olive mill wastes and their valorization methods. **Waste Management**, v.26, n.9, p.960-969, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2005.07.024>. Acesso em 20 jan. 2021

ROMERO, C. *et al.* Effect of cultivar and processing method on the contents of polyphenols in table olives. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.52, p.479-484, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbf/v42n1/0100-2945-rbf-42-1-e-409.pdf>. Acesso em 16 mar. 2021.

RUTZ, J. K. **Caracterização e microencapsulação de suco de pitanga roxa (*Eugenia uniflora* L.)**. 2013. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Universidade Federal de Pelotas, 2013. Disponível em: <https://silo.tips/download/universidade-federal-de-pelotas-4>. Acesso 10 abr. 2021.

SANTOS, L. G. DOS; PAZ, D. A.; JACQUES, A. C. Elaboração de cookies a partir da farinha de folhas de oliveira (*Olea europaea* L.): Determinação da atividade antioxidante. **Anais do 2º Workshop de Compostos Bioativos & Qualidade de Alimentos**, 2018. Disponível em: <http://revista.urcamp.tche.br/index.php/congregaanaismic/article/view/1016/650>. Acesso em: 08 mai. 2021.

SANTOS, L. G. **Secagem do bagaço de oliveira (*Olea europaea* L.) em camada delgada utilizando escoamento paralelo e perpendicular do ar: influência sobre os compostos bioativos da farinha obtida**. 2019. 77 f. TCC (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2019.

SCARTON, S. Governo participa de abertura oficial da colheita de oliva, em Caçapava do Sul. **Secretaria de Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural**, Porto Alegre, 6 mar. 2020. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/governoparticipa-da-abertura-oficial-da-colheita-de-oliva-em-cacapava-do-sul>. Acesso em: 27 maio 2020.

SCHOEFS B. Chlorophyll and carotenoid analysis in food products. Properties of the pigments and methods of analysis. **Trends in Food Science & Technology**, v.13, p.361-371, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(02\)00182-6](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(02)00182-6). Acesso em: 20 de jan. 2021.

SEMPITERNO, C.M.; FERNANDES, R.M. Efeito da aplicação ao solo de água-ruça, bagaço de azeitona e um composto sobre os teores de azoto total e mineral e de carbono orgânico. **Revista de Ciências Agrárias**, v.33, n.1, p.79-87, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.mec.pt/pdf/rca/v33n1/v33n1a08.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2021.

SILVA, L. F. O. **Caracterização agroindustrial de cultivares de oliveira com potencial econômico para o Sul de Minas Gerais**. 2011. 84 f. Dissertação (Mestrado em Produção vegetal) – Universidade Federal de Lavra, 2011. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/4043/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Caracteriza%C3%A7%C3%A3o%20agroindustrial%20de%20cultivares%20de%20oliveira%20com%20potencial%20econ%C3%B4mico%20para%20o%20Sul%20de%20Minas%20Gerais.pdf. Acesso em 15 jan. 2021.

SILVA, M. L. C. *et al.* Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Ciências Agrárias**, v. 31, p. 669–682, 2010. Disponível em: [https://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/viewFile/6510/5926#:~:text=Os%20principais%20antioxidantes%20nos%20vegetais,radicais%20\(PODSEDEK%2C%202007\)](https://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/viewFile/6510/5926#:~:text=Os%20principais%20antioxidantes%20nos%20vegetais,radicais%20(PODSEDEK%2C%202007).). Acesso em: 25 set. 2021.

SINGLETON, V.L.; ROSSI, J.A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagent. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.16, p.144-158, 1965. Disponível em: <https://www.ajevonline.org/content/16/3/144.short>. Acesso em: 22 abr. 2021

SOARES, J *et al.* Desenvolvimento de pão adicionado de farinha de bagaço de azeitona: avaliação de tonalidade. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 11, n. 2, 30 mar. 2020.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, v.15, p.71-81, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rn/v15n1/a08v15n1.pdf>. Acesso em 15 mar. 2021.

SOUTINHO, S. M. A. **Avaliação dos compostos fenólicos e da atividade antioxidante de frutos vermelhos produzidos em modo biológico**. 2012. 95 f. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Tecnologia Alimentar) – Escola Superior Agrária de Viseu, Instituto Politécnico de Viseu, 2012. Disponível em:

https://repositorio.ipv.pt/bitstream/10400.19/1770/1/SOUTINHO%2C%20Susana%20Margarida%20Abrantes_%20Avalia%C3%A7%C3%A3o%20dos%20compostos%20fen%C3%B3licos%20e%20da%20atividade%20antioxidante.pdf. Acesso em 15 mar. 2021.

SOUZA, M.M.P.; MATTANNA, P. Desenvolvimento de produtos enriquecidos com farinha de talos de Beterraba. *Revista Eletrônica Biociências, Biotecnologia e Saúde*, n. 20, mai./ago. 2018. Disponível em:

<https://interin.utp.br/index.php/GR1/article/view/2270/1891>. Acesso em: 10 mai. 2021.

STREIT, N. M. *et al.* As clorofilas. *Cienc. Rural*, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 748-755, June 2005. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010384782005000300043&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 20 abr. 2021.

TADINI, C. C. *et al.* **Operações Unitárias na Indústria de Alimentos**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 719 p.

Disponível em:

https://grupos.moodle.ufsc.br/pluginfile.php/474835/mod_resource/content/0/Fisiologia%20e%20desenvolvimento%20vegetal%20-%20Zair%206%C2%AAed.pdf. Acesso 25 mar. 2021.

TEIXEIRA, F. *et al.* Consumo de alimentos não convencionais entre adolescentes:

Elaboração e análise do produto. **Veredas** p.23, 2016. Disponível em:

http://veredas.favip.edu.br/ojs/index.php/veredas1/article/view/348/pdf_5. Acesso em: 20 abr. 2021.

TEIXEIRA, R. F. *et al.* Avaliação das características físico-químicas do resíduo do processamento do azeite na região da campanha gaúcha. **7º Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão – Universidade Federal do Pampa**, n. 1, p. 2–3, 2010.

Disponível em: <https://periodicos.unipampa.edu.br/index.php/SIEPE/article/view/89500>. Acesso em: 21 set. 2021.

TONON, R. V.; BARONI, A. F.; HUBINGER, M. D. Estudo da desidratação osmótica de tomate em soluções ternárias pela metodologia de superfície de resposta. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.26, n.3, pp.715-723. Campinas, 2006. Disponível em:

<https://www.scielo.br/pdf/cta/v26n3/31780.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2021.

VALUE. **Guia para a Seleção das Melhores Técnicas Disponíveis de Valorização na Região do SUDOE**. Intercâmbio e Transferência Tecnológica sobre a Valorização de Resíduos da Indústria de Transformados Vegetais do SUDOE, 2012. Disponível em:

http://4.interreg-sudoe.eu/PRT/271/proyectos_ficheros/Intercambio-y-transferencia-tecnologica-sobre-Valorizacion-de-residuos-de-la-industria-de-transformados-vegetales-del-SUDOE/Guia-de-seleccion-MTDs-PT-pdf/resultados. Acesso em: 10 mar. 2021.

VERA, R. *et al.* Feeding dry olive cake modifies subcutaneous fat composition in lambs, noting cake resistance to degradation and peroxidation. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v.69, n.4, p.548-559, 2009. Disponível em:

<https://scielo.conicyt.cl/pdf/chiljar/v69n4/AT10.pdf>. Acesso em 14 fev. 2021

WREGE, M. S.; FILIPPINI ALBA, J. M.; COUTINHO, E. F. Clima. In: COUTINHO, E. F. et.al (Ed.). **Oliveira: aspectos técnicos e cultivo no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa, 2015. p. 19-27.

YOSHIDA, B. Y. *et al.*, (2014). Produção e caracterização de *cookies* contendo farinha de okara. **Alimentos e Nutrição**, 25(1), 49-54. Disponível em: <http://seer.fcfar.unesp.br/aen/index.php/aen/article/view/158/60>. Acesso em: 20 set. 2021.