



**Escola Superior
Agrária**

Politécnico de Coimbra

ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA
INSTITUTO POLITÉCNICO DE COIMBRA

MESTRADO EM ENGENHARIA ALIMENTAR

Luísa Margarida Pimentel Ferreira

**Valorização de plantas marítimas endógenas no
desenvolvimento de produtos de panificação com
propriedades nutracêuticas**

Orientador: Professora Doutora Aida Maria Gonçalves Moreira da Silva

Coorientador: Professora Doutora Maria João Mendes Cardoso Barroca Dias

Coimbra, 2024



**Escola Superior
Agrária**

Politécnico de Coimbra

ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA
INSTITUTO POLITÉCNICO DE COIMBRA

MESTRADO EM ENGENHARIA ALIMENTAR

Luísa Margarida Pimentel Ferreira

Valorização de plantas marítimas endógenas no desenvolvimento de produtos de panificação com propriedades nutracêuticas

Relatório de estágio apresentado à Escola Superior Agrária de
Coimbra para cumprimento dos requisitos necessários à
obtenção do grau de mestre em ENGENHARIA ALIMENTAR

Orientador: Professora Doutora Aida Maria Gonçalves Moreira da Silva

Coorientador: Professora Doutora Maria João Mendes Cardoso Barroca Dias

Coimbra, 2024

Agradecimentos

Este relatório representa uma das fases mais desafiantes da minha vida, marcada por desafios, superações, conquistas e, acima de tudo, aprendizagens. O sucesso só é possível quando temos pessoas especiais que nos rodeiam, as quais gostaria de agradecer.

Começo por agradecer à minha orientadora Professora Doutora Aida Moreira da Silva e à minha coorientadora Professora Doutora Maria João Barroca. Agradeço a oportunidade de aprendizagem e, acima de tudo, a disponibilidade, orientação e apoio ao longo dos últimos meses. Foi um privilégio integrar este projeto, sob a coordenação de profissionais de excelência e elevado caráter humano.

Expresso a minha gratidão à coordenadora de laboratório, Mestre Sandra Santos, pelo apoio, orientação e toda a disponibilidade prestada.

Agradeço à técnica superior de laboratório Mestre Sandrine da Ressurreição, toda a ajuda e paciência, bem como a amizade e carinho que demonstra em tudo o que faz. Através da calma e ensinamentos transmitidos, fez do laboratório uma zona de conforto, sendo possível trabalhar de forma tranquila e sistemática.

Aos restantes técnicos superiores de laboratório, Liliana Assunção e Fernando Amaral Santos, agradeço a disponibilidade, todos os ensinamentos transmitidos e acima de tudo a paciência.

Ao técnico de laboratório Jorge Viegas, agradeço toda a disponibilidade, ensinamentos transmitidos, conselhos e sinceridade.

À restante equipa de laboratório, agradeço o bom ambiente de trabalho que me proporcionaram, bem como todo o apoio e amizade.

À Professora Teresa Grilo, agradeço toda a disponibilidade, ajuda e paciência. Os ensinamentos que me transmitiu relativamente a análise estatística foram essenciais para parte da escrita deste relatório.

À Professora Doutora Nádia Osório, da Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Coimbra, agradeço a ajuda prestada nas análises microbiológicas efetuadas.

A todos os professores do mestrado, agradeço a disponibilidade e ensinamentos transmitidos.

Aos meus pais, que sem dúvida são a base de todo o meu sucesso, agradeço a oportunidade que deram de alcançar todos os meus sonhos. Agradeço, acima de tudo, todo o amor, dedicação e incentivo ao longo de todos estes anos.

À minha irmã e à minha prima, por tudo o que representam na minha vida, por tudo o que vivemos juntas e por todos os ensinamentos pessoais e académicos.

A Maria, a Eva e a Áurea, as minhas meninas, que me fazem sentir o amor mais puro de todos.

Aos meus avós, agradeço todo o amor que sempre me deram e o notório orgulho que de mim têm.

Ao meu namorado, que foi o meu alicerce nesta etapa académica e pessoal, e que me faz crer que sou capaz de tudo. Todas as palavras de carinho e motivação deram-me vontade e força de continuar.

Aos pais do meu namorado, agradeço o carinho e motivação constante, que foi crucial para o meu sucesso.

À minha restante família, agradeço a confiança em mim depositada e todas as palavras de motivação e carinho.

Gostaria também de agradecer a todos os meus amigos, por todo o apoio, coragem e companhia ao longo desta etapa.

À turma do MEAL, agradeço a amizade e o bom ambiente de trabalho que me proporcionaram.

Aos restantes não mencionados, mas que de certa forma contribuíram para a conclusão desta etapa, o meu obrigada.

Por último, mas não menos importante, agradeço à Escola Superior Agrária e todos os docentes e não docentes da mesma. Foram anos incríveis, acompanhados por pessoas igualmente incríveis, que contribuíram para o sucesso de todas as etapas.

Resumo

O consumo excessivo de sal tem provocado o aumento de problemas de saúde, como hipertensão e doenças cardiovasculares. Assim, torna-se urgente o desenvolvimento de soluções eficazes para combater este problema. Alimentos funcionais com características nutraceuticas são uma opção viável para combater as necessidades da população, melhorando a saúde e reduzindo o risco de doenças. O pão, devido à sua simplicidade e capacidade de saciar, é um dos alimentos com mais impacto na dieta humana, sendo por esse mesmo motivo um dos alimentos com interesse de estudo dado ao elevado consumo do mesmo. Plantas marítimas, como as halófitas, têm sido alvo de estudo devido à sua capacidade de substituir o sal comum, uma vez que na sua composição têm elevadas quantidades de sódio. As plantas *Suaeda vera*, *Atriplex halimus* e *Inula crithmoides* são exemplos de halófitas que crescem naturalmente em terrenos incultos e solos salinos. A planta *Corema album* é uma planta endógena, que pode ser encontrada ao longo da costa em zonas dunares. Todas estas plantas marítimas se caracterizam pela sua composição rica em nutrientes e minerais, capaz de melhorar alimentos nos quais sejam incorporadas.

O objetivo principal deste trabalho consistiu na valorização de plantas marítimas endógenas através do desenvolvimento de produtos de panificação com propriedades nutraceuticas. Para atender a este objetivo, procedeu-se à elaboração de diversas formulações de pão, utilizando plantas halófitas como substitutas do sal comum.

Inicialmente determinou-se o teor em compostos fenólicos, capacidade antioxidante e açúcares redutores das quatro plantas marítimas anteriormente referidas.

Desenvolveram-se formulações com as halófitas *Suaeda vera*, *Atriplex halimus* e *Inula crithmoides*, verificando que apenas uma delas era viável a nível sensorial (*Suaeda vera*). Procedeu-se à formulação final de três pães, os quais foram posteriormente estudados, sendo eles o pão controlo (C), o pão 10%SV e o pão 5%SV. Analisaram-se as três amostras de pão (C, 5%SV e 10%SV) de modo a perceber o impacto da adição da planta relativamente ao teor de humidade, composição mineral, composição nutricional, propriedades texturais, cor do miolo e da còdea, atividade da água (a_w), perda total de água durante a cozedura, volume específico, atividade microbiana, teor em compostos fenólicos, capacidade antioxidante, quantidade de açúcares redutores e análise sensorial.

A planta *Suaeda vera* apresenta um teor de compostos fenólicos mais elevado comparativamente às outras plantas. Já a planta *Corema album*, comparativamente às restantes, é a que apresenta maior quantidade de açúcares redutores. As plantas mostraram conter compostos antioxidantes específicos, capazes de reduzir parcialmente o efeito dos pró-oxidantes, uma vez que a que apresenta maior quantidade de ferro, *S. vera*, apresenta também uma maior capacidade antioxidante.

Os pães com adição de *Suaeda vera*, comparativamente ao pão controlo, mostraram um enriquecimento a nível nutricional e mineral, bem como um aumento no teor de compostos fenólicos. Os pães ficaram mais escuros e mais coloridos, apresentando maior diferença de cor entre amostras consoante mais planta adicionada, comparativamente ao pão controlo. A perda total de água durante a cozedura, o volume específico, a capacidade antioxidante e os açúcares redutores diminuem à medida que se adiciona mais quantidade

de planta. Já o teor de humidade, a atividade da água (a_w), e as propriedades texturais não mostraram grandes alterações entre as três amostras. A adição de *Suaeda vera* promoveu um efeito inibitório no crescimento microbiano, com maior destaque para o pão 5%SV. Embora o pão controlo tenha sido o preferido, as amostras com adição de planta foram bem aceites sensorialmente, especialmente o pão com menor quantidade de planta.

Palavras-chave: halófitas, *Suaeda vera*, pão, substituição do sal, composição nutricional e mineral, análise sensorial

Abstract

Excessive salt consumption has led to an increase in health problems such as hypertension and cardiovascular diseases. Therefore, developing effective solutions to tackle this issue has become urgent. Functional foods with nutraceutical properties are a viable option to meet the population's needs, improving health and reducing disease risk. Bread, due to its simplicity and ability to satisfy hunger, is one of the most impactful foods in the human diet, which makes it a food of interest for study given its high consumption. Marine plants, such as halophytes, have been studied due to their ability to replace common salt, as they naturally contain high amounts of sodium. Plants like *Suaeda vera*, *Atriplex halimus*, and *Inula crithmoides* are examples of halophytes that grow naturally in uncultivated land and saline soils. *Corema album* is an endemic plant found along the coast in dune areas. All these marine plants are characterized by their nutrient and mineral-rich composition, which can improve the foods in which they are incorporated.

The main objective of this work was to enhance the value of endogenous marine plants by developing bakery products with nutraceutical properties. Various bread formulations were prepared using halophyte plants as substitutes for common salt to achieve this goal.

Initially, the phenolic compounds content, antioxidant capacity, and reducing sugar levels of four marine plants were determined. Formulations were developed using the halophytes *Suaeda vera*, *Atriplex halimus*, and *Inula crithmoides*, but only one of them was viable at a sensory level (*Suaeda vera*). Final formulations of three breads were prepared and subsequently studied: control bread (C), 10%SV bread and 5%SV bread. The three bread samples (C, 5%SV, and 10%SV) were analyzed to understand the impact of the plant's addition on moisture content, mineral composition, nutritional composition, textural properties, crumb and crust color, water activity (a_w), total water baking loss, specific volume, microbial activity, phenolic compound content, antioxidant capacity, reducing sugar content, and sensory analysis.

Suaeda vera presents a higher phenolic compound content than the other plants. On the other hand, the *Corema album*, compared to the others, contains a higher amount of reducing sugars. The plants showed to contain specific antioxidant compounds capable of partially reducing the effects of pro-oxidants, as the one with the highest iron content, *S. vera*, also shows the highest antioxidant capacity.

Bread samples with the addition of *Suaeda vera*, compared to the control bread, showed nutritional and mineral enrichment, as well as an increase in phenolic compound content. The two types of bread became darker and more colorful, showing a bigger color difference between samples as more plant was added, compared to the control bread. Total baking loss, specific volume, antioxidant capacity, and reducing sugars decreased as more amount of plant were added. However, moisture content, water activity (a_w), and textural properties showed no significant changes between the three samples. The addition of *Suaeda vera* exhibited an inhibitory effect on microbial growth, with a more pronounced effect observed in the 5%SV bread. Although the control bread was the preferred option, the plant-enriched bread samples were well accepted in sensory terms, especially the bread with a lower amount of the plant.

Keywords: halophytes, *Suaeda vera*, bread, substitution of salt, nutritional and mineral composition, sensory analysis

ÍNDICE

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract	v
Abreviaturas	xv
1. Introdução.....	1
2. Revisão Bibliográfica.....	5
2.1. História do pão.....	5
2.1.1. O pão em Portugal	6
2.1.2. Ingredientes do pão	8
2.1.2.1. Farinha de trigo.....	8
2.1.2.2. Água potável	11
2.1.2.3. Fermento	11
2.1.2.4. Sal	12
2.1.2.5. Açúcar	13
2.1.3. Etapas na produção de pão.....	13
2.1.3.1. Amassadura	13
2.1.3.2. Fermentação.....	14
2.1.3.3. Cozedura	14
2.1.4. Regulamentação e critérios de qualidade aplicáveis ao pão	15
2.2. Valorização de plantas marítimas.....	16
2.2.1. <i>Suaeda vera</i> Forssk. ex J.F.Gmel.	17
2.2.1.1. Taxonomia e caracterização da espécie.....	17
2.2.1.2. Morfologia	18
2.2.1.3. Distribuição geográfica	19
2.2.1.4. Aplicações na indústria.....	20
2.2.1.5. Composição nutricional e mineral.....	21
2.2.2. <i>Atriplex halimus</i> L.	21
2.2.2.1. Taxonomia e caracterização da espécie.....	22
2.2.2.2. Morfologia	22

2.2.2.3. Distribuição geográfica	23
2.2.2.4. Aplicações na indústria	25
2.2.2.5. Composição nutricional e mineral.....	26
2.2.3. <i>Inula crithmoides</i> (L.) Dumort.	26
2.2.3.1. Taxonomia e caracterização da espécie.....	26
2.2.3.2. Morfologia	27
2.2.3.3. Distribuição geográfica	28
2.2.3.4. Aplicações na indústria	30
2.2.3.5. Composição nutricional e mineral.....	30
2.2.4. <i>Corema album</i> (L.) D. Don	31
2.2.4.1. Taxonomia e caracterização da espécie.....	31
2.2.4.2. Morfologia	32
2.2.4.3. Distribuição geográfica	33
2.2.4.4. Aplicações na indústria	34
2.2.4.5. Composição nutricional e mineral.....	35
2.3. Objetivo do estudo	35
3. Materiais e métodos.....	36
3.1. Equipamentos, materiais e reagentes	36
3.2. Amostras de plantas marítimas	36
3.3. Atividade biológica das plantas marítimas e do pão	37
3.3.1. Preparação dos extratos de plantas e do pão.....	37
3.3.2. Determinação do teor em compostos fenólicos totais.....	39
3.3.3. Determinação da atividade antioxidante.....	40
3.4. Determinação dos açúcares redutores das plantas e do pão através do método DNSA	41
3.5. Formulação de novas receitas de pão com adição de halófitas.....	43
3.5.1. Otimização da receita.....	43
3.5.1.1. Primeiro teste	43
3.5.1.2. Segundo teste	44

3.5.1.3. Terceiro teste	45
3.5.1.4. Formulação final	46
3.5.2. Fluxograma de produção	47
3.5.2.1. Descrição das etapas	48
3.6. Estudo do pão com substituição do sal pela planta <i>Suaeda vera</i>	50
3.6.1. Análise do perfil de textura	51
3.6.2. Teste colorímetro	51
3.6.3. Atividade da água	52
3.6.4. Volume específico	52
3.6.5. Perda total de água durante a cozedura	52
3.6.6. Análises microbiológicas	53
3.6.7. Atividade biológica	53
3.6.8. Análise sensorial	53
3.6.9. Análise estatística	54
4. Resultados e discussão	56
4.1. Atividade biológica plantas marítimas	56
4.1.1. Caracterização dos extratos das plantas	56
4.1.2. Compostos fenólicos totais	57
4.1.3. Atividade antioxidante	58
4.2. Açúcares redutores das plantas	59
4.3. Estudo do pão com substituição do sal pela planta <i>Suaeda vera</i>	60
4.3.1. Humidade	61
4.3.2. Composição nutricional	61
4.3.2.1. Açúcares redutores	63
4.3.3. Composição mineral	63
4.3.4. Textura	64
4.3.5. Cor	67
4.3.6. Atividade da água	70
4.3.7. Perda total de água durante a cozedura e volume específico	70
4.3.8. Análises microbiológicas	71
4.3.9. Atividade biológica do pão	73
4.3.9.1. Compostos fenólicos totais	73

4.3.9.2. Atividade antioxidante.....	73
4.3.10. Análise sensorial.....	74
5. Conclusão	79
6. Referências bibliográficas	80
7. Anexos	95
Anexo I – Mapa da Península Ibérica (Portugal e Espanha) e respetiva legenda dos códigos provinciais	95
Anexo II – Metodologia das análises da composição nutricional e mineral do pão	97
II.1. Composição nutricional.....	97
II.1.1. Humidade	97
II.1.2. Cinza.....	97
II.1.3. Gordura bruta	97
II.1.4. Fibra alimentar total	98
II.1.5. Fibra alimentar insolúvel	101
II.1.6. Fibra alimentar solúvel	103
II.1.7. Proteína bruta.....	103
II.1.8. Hidratos de carbono	104
II.1.9. Determinação dos açúcares redutores através do método DNSA	104
II.1.10. Valor calórico do alimento.....	104
II.2. Composição mineral.....	105
II.2.1. Cálcio, Magnésio, Potássio, Sódio, Cobre, Zinco, Ferro, Manganês	105
II.2.2. Fósforo	107
Anexo III – Folha da Prova de Análise Sensorial	108

ÍDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Panis quadratus.....	6
Figura 2 – Pão de trigo: a) bola de lenha; b) carcaça portuguesa; c) pão alentejano; d) pão rústico	7
Figura 3 – A) Estrutura da amilose: polímero linear composto por D-glicoses unidas em α -(1-4); B) Estrutura da amilopectina: polímero ramificado composto por D-glicoses unidas em α -(1-4) e α -(1-6).....	10
Figura 4 – Massa após adição de água, não amassada, rede de proteínas conectada	11
Figura 5 – <i>Suaeda vera</i> : (a) hábito da planta; (b) ramo; (c) folhas; (d) flor; (e) periantos e folhas	19
Figura 6 – <i>Suaeda vera</i> : mapa de distribuição na Península Ibérica	19
Figura 7 – <i>Suaeda vera</i> Forssk. ex J.F.Gmel: mapa de distribuição em Portugal Continental	20
Figura 8 – <i>Atriplex halimus</i> : (a) hábito da planta; (b) caule; (c) folhas; (d) flor; (e) flor (aproximado)	23
Figura 9 – <i>Atriplex halimus</i> : mapa de distribuição na Península Ibérica	24
Figura 10 – <i>Atriplex halimus</i> L.: mapa de distribuição em Portugal Continental.....	25
Figura 11 – <i>Inula crithmoides</i> : (a) hábito da planta; (b) folhas; (c) flor; (d) fruto; (e) bráctea	28
Figura 12 – <i>Inula crithmoides</i> : mapa de distribuição na Península Ibérica	29
Figura 13 – <i>Inula crithmoides</i> L.: mapa de distribuição em Portugal Continental.....	30
Figura 14 – <i>Corema album</i> : a) habitat da planta; b) hábito; c) ramo; d) folhas; e) flor; f) fruto	32
Figura 15 – <i>Corema album</i> : mapa de distribuição na Península Ibérica	33
Figura 16 – <i>Corema album</i> (L.) D.Don: mapa de distribuição em Portugal Continental	34
Figura 17 – Amostras das plantas halófitas: (a) 179: <i>Inula crithmoides</i> ; (b) 180: <i>Suaeda vera</i> ; (c) 181: <i>Atriplex halimus</i>	36
Figura 18 – Recolha de ramos da planta halófita <i>Corema album</i>	36
Figura 19 – Folhas de camarinhiera trituradas	37
Figura 20 – Pão obtido no primeiro teste	44
Figura 21 – Bolas dos pães com adição de plantas halófitas antes de cozer: a) <i>Atriplex halimus</i> ; b) <i>Suaeda vera</i> ; c) <i>Inula crithmoides</i>	45

Figura 22 – Pães após cozimento, com adição de plantas halófitas: a) <i>Atriplex halimus</i> ; b) <i>Suaeda vera</i> ; c) <i>Inula crithmoides</i>	45
Figura 23 – Bolas dos pães com adição de 5% de <i>Suaeda vera</i> antes de cozer	46
Figura 24 – Pão com adição de 5% de <i>Suaeda vera</i>	46
Figura 25 – Pão após cozimento, de cima para baixo, por linha: C, 5%SV, 10%SV	47
Figura 26 – Miolo do pão após cozimento	47
Figura 27 – Fluxograma de produção de pão respectivo às diferentes formulações.....	49
Figura 28 – Esquema de Weende	50
Figura 29 – Amostras de pão secadas e trituradas: a) Amostra C; b) Amostra 5%SV; c) Amostra 10%SV.....	50
Figura 30 – Sondas utilizadas na análise do perfil de textura do pão	51
Figura 31 – Tabuleiro distribuído aos provadores na prova sensorial	54
Figura 32 – Teor em compostos fenólicos presentes nos extratos das plantas (IC, SV, AH, AHF, CA50US, CA50).....	57
Figura 33 – Concentração (IC ₅₀) dos extratos das plantas (IC, SV, AH, AHF, CA50US, CA50).....	58
Figura 34 – Teor açúcares redutores dos extratos das plantas (IC, SV, AH, CA100, CA50) ..	60
Figura 35 – Açúcares redutores presentes nos pães: concentração de g equivalentes de glicose por mL de extrato (C, 5%SV, 10%SV)	63
Figura 36 – Dureza das amostras de pão C, 5%SV e 10%SV para as diferentes sondas utilizadas (“Round End”, sonda cilíndrica 38mm e “Bread V Squeeze Rig”)	65
Figura 37 – Elasticidade das amostras de pão C, 5%SV e 10%SV para as diferentes sondas utilizadas (“Round End”, sonda cilíndrica 38mm e “Bread V Squeeze Rig”)	66
Figura 38 – Coesividade das amostras de pão C, 5%SV e 10%SV para as diferentes sondas utilizadas (“Round End”, sonda cilíndrica 38mm e “Bread V Squeeze Rig”)	66
Figura 39 – Resiliência das amostras de pão C, 5%SV e 10%SV para as diferentes sondas utilizadas (“Round End”, sonda cilíndrica 38mm e “Bread V Squeeze Rig”)	67
Figura 40 – Parâmetros de cor L* (Luminosidade), a* (verde), b* (amarelo) do miolo das amostras de pão C, 5%SV e 10%SV.....	68
Figura 41 – Parâmetros de cor L* (Luminosidade), a* (vermelho), b* (amarelo) da cõdea das amostras de pão C, 5%SV e 10%SV.....	69
Figura 42 – Cores do miolo e da cõdea dos pães C, 5%SV e 10%SV, representadas através do sistema RGB	70

Figura 43 – Teor em compostos fenólicos presentes nos extratos dos pães (C, 5%SV, 10%SV)	73
Figura 44 – Concentração (IC ₅₀) dos extratos dos pães (C, 5%SV e 10%SV)	73
Figura 45 – Respostas dos provadores (n=33) para as características sensoriais (cor, aroma, textura, sabor, avaliação global), das amostras de pão C, 5%SV e 10%SV	74
Figura 46 – Respostas dos provadores (n=33) para a percepção do sabor que o sal confere às amostras de pão C, 5%SV e 10%SV	76
Figura 47 – Respostas dos provadores (n=33) relativamente à amostra preferida, entre as amostras de pão C, 5%SV e 10%SV	77
Figura 48 – Resposta dos provadores (n=33) relativamente intenção de compra, para as amostras de pão C, 5%SV e 10%SV	77
Figura 49 – Mapa da Península Ibérica (Portugal e Espanha)	95
Figura 50 – Legenda dos códigos provinciais constantes no mapa da Península Ibérica	96
Figura 51 – a) Aparelho de Soxhlet; b) Evaporador rotativo	98
Figura 52 – Tipos de fibra e componentes celulares que fazem parte dos mesmos	99
Figura 53 – Total Fiber Assay Kit	99
Figura 54 – Precipitação das fibras solúveis para as amostras C (PN), 5%SV (PS50) e 10%SV (PS)	100
Figura 55 – Tubos Kjeldhal antes e depois de serem colocados no digestor (da esquerda para a direita, respetivamente)	104
Figura 56 - Leitura dos minerais através da técnica de Espectroscopia de Absorção Atómica	107

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação taxonómica da <i>Suaeda vera</i>	18
Tabela 2 – Composição nutricional e mineral da planta <i>Suaeda vera</i>	21
Tabela 3 – Classificação taxonómica da <i>Atriplex halimus</i>	22
Tabela 4 – Composição nutricional e mineral da planta <i>Atriplex halimus</i>	26
Tabela 5 – Classificação taxonómica da <i>Limbarda crithmoides</i>	27
Tabela 6 – Composição nutricional e mineral da planta <i>Inula crithmoides</i>	31
Tabela 7 – Classificação taxonómica da <i>Corema album</i>	31

Tabela 8 – Composição mineral da baga de <i>Corema album</i> com semente.....	35
Tabela 9 – Legenda dos códigos atribuídos aos extratos.....	38
Tabela 10 – Ingredientes e respectivas quantidades da receita do pão	43
Tabela 11 – Ingredientes e respectivas quantidades das receitas dos pães com adição de plantas halófitas.....	44
Tabela 12 – Legenda dos códigos atribuídos a cada formulação de pão	46
Tabela 13 – Ingredientes e respectivas quantidades da formulação final dos pães	47
Tabela 14 – Caracterização dos extratos das plantas marítimas (massa/volume)	56
Tabela 15 – Teor de humidade (g/ 100 g m.b.) das amostras de pão C, 5%SV e 10%SV.....	61
Tabela 16 – Composição nutricional (m.s.) das amostras de pão C, 5%SV e 10%SV.....	61
Tabela 17 – Composição mineral (m.s.) das amostras de pão C, 5%SV e 10%SV	64
Tabela 18 – Atividade da água (a_w) das amostras de pão C, 5%SV e 10%SV	70
Tabela 19 – Perda total durante a cozedura (%) e volume específico (cm^3/g) das amostras de pão C, 5%SV e 10%SV	70
Tabela 20 – Atividade microbiana 2 e 24 horas após confeção: ufc/g (unidades formadoras de colónias por grama) para as amostras de pão C, 5%SV e 10%SV	71
Tabela 21 – Volume adicionado da solução padrão micro e macronutrientes a um balão de 100 mL	106

Abreviaturas

10%SV – Pão com substituição do sal comum através da adição de 10,16% da planta *Suaeda vera* relativamente à quantidade de farinha

5%SV – Pão com substituição do sal comum através da adição de 5,08% da planta *Suaeda vera* relativamente à quantidade de farinha

AH – Extrato da planta *Atriplex halimus*, solvente etanol e água destilada (50% v/v), com agitação magnética na placa

AHF – Extrato da planta *Atriplex halimus* com segunda filtração, solvente etanol e água destilada (50% v/v), com agitação magnética na placa

C – Pão controlo, com adição de sal comum (sem planta)

CA50 – Extrato da planta *Corema album*, solvente etanol e água destilada (50% v/v), agitado através de ultrassons

CA50US – Extrato da planta *Corema album*, solvente etanol e água destilada (50% v/v), com agitação magnética na placa

CA100 – Extrato da planta *Corema album*, solvente etanol (100%), com agitação magnética na placa

C. album – *Corema album*

DNSA – ácido 3,5-dinitrossalicílico

DPPH – 2,2-difenil-1-picrilhidrazil

dS/m – decisiemens por metro

EAG – Equivalentes de ácido gálico

EGlicose – Equivalente de glicose

IC – Extrato da planta *Inula crithmoides*, solvente etanol e água destilada (50% v/v), com agitação magnética na placa

IC₅₀ – Concentração necessária para inibir 50% dos radicais DPPH

SV – Extrato da planta *Suaeda vera*, solvente etanol e água destilada (50% v/v), com agitação magnética na placa

ufc/g – unidades formadoras de colónias por grama

1. Introdução

Mediante a evolução do ser humano, torna-se evidente o aumento da preocupação com a saúde, a qual está intimamente ligada com o tipo de dieta praticada.

Segundo o relatório da FAO (*Food and Agriculture Organization of United States*), relativo ao estado da segurança alimentar e nutricional no mundo, a urbanização teve um impacto negativo na adoção de dietas saudáveis. O relatório estima que aproximadamente 735 milhões de pessoas sofrem de subalimentação e mais de 3,1 mil milhões não têm poder monetário para seguir uma dieta saudável, destacando a necessidade de obter soluções que satisfaçam estes aspetos críticos, os quais afetam a segurança alimentar e nutrição (FAO et al., 2023).

Para combater as necessidades nutricionais da população é necessário o desenvolvimento de alimentos funcionais com propriedades nutraceuticas. Alimentos funcionais são alimentos convencionais, no entanto, destacam-se pela sua capacidade de melhorar a saúde, cientificamente comprovado, para além da função básica de nutrir. Os componentes funcionais dos alimentos, podem ser aplicados na prevenção de doenças (diabetes, doenças cardiovasculares, redução do risco de cancro e dos níveis de colesterol, entre outros). A concentração desses componentes, pode ser afetada pelo processamento do alimento onde se encontram presentes (aumentando ou diminuindo, consoante o método utilizado). Nutraceuticos são produtos que derivam de alimentos e combinam características nutricionais e farmacêuticas, tendo benefícios significativos para a saúde. Vitaminas, probióticos, peptídeos bioativos e antioxidantes, são exemplos de nutraceuticos, que têm sido alvo de interesse por parte da comunidade científica e indústria alimentar. Pesquisas epidemiológicas têm comprovado que o consumo de alimentos de origem vegetal (frutas, vegetais e grãos inteiros), tem efeitos positivos na saúde, validando certas práticas ancestrais. O crescimento no mercado de produtos alimentares funcionais com características nutraceuticas deve-se às tendências atuais, destacando a preocupação com a saúde (Abuajah et al., 2015; Gul et al., 2016).

Assim, devido à crescente preocupação com a saúde e bem-estar, a procura por alimentos funcionais à base de plantas tem aumentado. Desta forma, é necessário atender às necessidades da população, formulando alimentos que correspondam à procura de mercado (Silva et al., 2015).

Segundo pesquisas relativamente à função cerebral, o sal (sódio) estimula sensações de prazer, viciando o consumidor em alimentos que o contenham. Um dos atuais desafios na dieta humana é a diminuição do consumo de sal, uma vez que a sua ingestão tende a aumentar, e está associada ao risco de doenças cardiovasculares e renais, hipertensão e cancro, entre outras. Aliada à redução do sal, começa a ser recorrente a utilização de substitutos do sal vulgar. Nos produtos de panificação, a adição de sal afeta o desenvolvimento do glúten, bem como as propriedades viscoelásticas do alimento (Rysová & Šmídová, 2021).

Segundo a Lei nº 75/2009, de 12 de agosto, “sal” é um composto iónico comumente conhecido como “sal comum” ou “sal de cozinha”, devido à sua ampla utilização na alimentação humana (Lei n.º 75/2009, 2009).

De acordo com Moreira et al. (2018), a maioria da população idosa portuguesa ingere quantidades de sódio em excesso, reforçando a necessidade de reduzir a sua ingestão.

A ingestão diária de sódio recomendada pela WHO (*World Health Organization*) é de 5 g/dia. No entanto, para prevenir determinadas doenças (anteriormente referidas), a recomendação é de reduzir para um valor inferior a 2g/sal por dia (WHO, 2012).

O pão, visto como um símbolo meta-histórico, é um dos alimentos mais consumidos na dieta da população, que remonta ao período Neolítico. Na Idade Média, sobretudo nos séculos finais, os europeus não sabiam viver sem este alimento, onde a sua ausência era sinónimo de fome. Na Europa pré-capitalista, a disponibilidade e os níveis de consumo de pão, variavam consoante as condições económicas e sociais (Franco & Braga, 2023; Mondal & Datta, 2008). É importante salientar que o teor máximo de sal adicionado no pão é de 1,4 g por 100 g de pão (1,4%) (Lei n.º 75/2009, 2009).

Produtos obtidos a partir de cereais (como é o caso do pão), têm grande destaque na alimentação básica humana. Nos países industrializados, o consumo de pão contribui para a satisfação de algumas das necessidades diárias de ingestão, como: 50% da quantidade de hidratos de carbono, um terço da quantidade de proteína, 50-60% da quantidade de vitamina B (Belitz et al., 2009). Segundo dados publicados por *World of Statistics* (2023) verifica-se que cada português consome uma média de 70 kg de pão por ano. Assim, assume-se que a quantidade de pão necessária para atender às necessidades diárias de ingestão dos componentes acima referidos, é de aproximadamente 191 g por dia, em Portugal.

Segundo Amoah et al. (2022), as propriedades bioativas de ingredientes de origem vegetal contribuem para um pão final com características funcionais e benéficas para a saúde quando consumido, devido ao aumento do conteúdo fenólico e polifenólico, e ao aumento da capacidade antioxidante.

Considerando o pão um alimento amplamente consumido na dieta humana, a necessidade de produzir alimentos funcionais com características nutraceuticas e de reduzir a quantidade de sal adicionada, uma estratégia para atender a todos estes parâmetros pode consistir na substituição do sal comum por outras fontes salgadas. Neste âmbito, têm sido desenvolvidas várias formulações de pão com adição de ingredientes e aditivos, que melhorem nutricionalmente ou que atribuam propriedades funcionais ao mesmo, como pó de algas marinhas, flor de cânhamo, batata roxa, ervilha, goma xantana, avelãs, nozes, farinha de insetos, inulina, farinha de banana verde, acerola, espinafre em pó, urtiga em pó, bagaço de maçã, bagaço de cenoura, lentilhas, linhaça, spirulina e sementes (chia, uva, papoila) (Adamczyk et al., 2021; Alfonsus et al., 2024; Barros & Franco, 2022; Batubara & Mulyana, 2023; Bourekoua et al., 2021; Elkatry et al., 2022; Figueira et al., 2011; Gao et al., 2022; Gumul et al., 2021; Junejo et al., 2021; Kowalski et al., 2022; Maietti et al., 2021; Mamat et al., 2021; Marinho et al., 2021; Montevecchi et al., 2022; Pecyna et al., 2023; Pycia & Ivanišová, 2020; Romano et al., 2021; Ropciuc et al., 2021; Wójcik et al., 2022; Ziobro et al., 2022). Mais recentemente também foi desenvolvido pão com substituição do sal pela halófita *Sarcocornia perennis* desidratada e em pó (Barroca et al., 2023).

As halófitas são plantas que crescem em ambientes salinos e por consequência são naturalmente salgadas. Estas desempenham um papel importante para a agricultura salina e para a indústria alimentar. A adição destas plantas em alimentos, vai ao encontro às atuais tendências na indústria alimentar e dos consumidores, relativamente ao consumo de verduras, associado a uma dieta saudável e a alimentos funcionais. São vistas como ingredientes promissores em alimentos funcionais, como bebidas, saladas, óleos, aditivos alimentares, entre outros (Petropoulos et al., 2018). Como já foi referido anteriormente, já foram desenvolvidos produtos alimentares como pão e biscoitos com adição de *Sarcocornia perennis*, como substituto do sal, tendo demonstrado resultados positivos relativamente ao aumento da capacidade nutritiva e mineral do alimento e da aceitação do consumidor (Barroca et al., 2023; Clavel-Coibrié et al., 2021).

A adição de *Sarcocornia perennis* ao pão, é uma boa fonte de nutrientes como as fibras, de cálcio, fósforo, ferro e manganês. Permite ainda uma ingestão equilibrada de sódio e potássio, tendo sido aceite positivamente a nível sensorial (Barroca et al., 2023).

Para além da *Sarcocornia*, também existem outras halófitas que podem ser usadas como substitutos do sal como a *Suaeda vera*, a *Atriplex halimus* e a *Inula crithmoides*.

A *Suaeda vera*, conhecida comumente como barrilha ou valverde-dos-sapais, é uma halófito autóctone que cresce em solos salinos, nativa da Região Mediterrânea, França, Inglaterra e Macaronésia. É possível encontrar esta planta pelas zonas costeiras e salinas do interior de quase toda a Península Ibérica, sob a forma de arbustos ramificados de cores verdes e avermelhadas (Castroviejo et al., 1990; CMIA, sem data; Ferreira, sem data-b; Flora-On, 2024d; Herbari Virtual del Mediterrani Occidental, sem data-b; Jardim Botânico UTAD, 2024d). Caracteriza-se pelo elevado teor de sódio (Na) na sua composição, tanto nas folhas como nos ramos, apresentando valor nutricional razoável, mesmo quando exposta a condições ambientais extremas (Murillo et al., 1987).

A *Atriplex halimus*, conhecida comumente como salgadeira, é uma halófito autóctone que cresce em terrenos incultos e solos salinos, nativa na Região Mediterrânea, Norte de África, Península Arábica, Somália, Etiópia e Macaronésia. Pode ser observada ao longo da costa litoral Portuguesa, sob a forma de arbustos ramificados, caracterizando-se pelas suas cores verde-esbranquiçadas muito claras (Araújo, 2024a; Castroviejo et al., 1990; Ferreira, sem data-a; Flora-On, 2024a; Jardim Botânico UTAD, 2024a; Occidental, sem data). Caracteriza-se pelo elevado teor de sódio (Na) na sua composição (Georget, 2023).

A *Inula crithmoides*, também conhecida como campana-da-praia ou madorneira-bastarda, é uma halófito autóctone que cresce em matos salinos, nativa na Região Mediterrânea (Portugal, Espanha, França), Norte de África, Ásia Ocidental e Ilhas Britânicas. Pode ser observada ao longo do litoral, sob a forma de arbustos, caracterizando-se pelas folhas suculentas e flores amarelas (Castroviejo et al., 2019; Flora-On, 2024c; Herbari Virtual del Mediterrani Occidental, sem data-a; Jardim Botânico UTAD, 2024c; Naturdata, 2022; USDA, 2024). Caracteriza-se pelo elevado teor de sódio (Na) na sua composição (Georget, 2023).

A *Corema album*, conhecida comumente como camarinha ou camarinheta, é uma planta marítima endémica que cresce em areias e dunas (subcoberto de pinhais ou orla de

zimbrais), nativa de Portugal Continental, do arquipélago dos Açores e de Espanha. Pode ser observada ao longo da costa atlântica, caracterizando-se pelas suas bagas comestíveis (Brás de Oliveira & Dale, 2012; Carapeto, Araújo, Clamote, Porto, Beja, et al., 2024; Castroviejo et al., 1993; Flora-On, 2024b; Jardim Botânico UTAD, 2024b; Lima, 2021)

O principal objetivo deste trabalho é a valorização de plantas marítimas endógenas no desenvolvimento de produtos de panificação com propriedades nutraceuticas.

Para atender ao objetivo, o presente trabalho foi dividido em duas partes distintas, ou seja, (Parte I) a caracterização das plantas marítimas (*Corema album*, vulgarmente conhecida por camarinhira e halófitas) e (Parte II) o efeito da adição das halófitas desidratadas e em pó nas propriedades do pão, como o teor de humidade, a composição nutricional e mineral, a textura, cor do miolo e da côdea, atividade da água (a_w), perda total durante a cozedura, volume específico, atividade microbiana, teor em compostos fenólicos, capacidade antioxidante, teor de açúcares redutores e análise sensorial.

O trabalho de estágio decorreu na Escola Superior Agrária de Coimbra (ESAC) e teve a duração de aproximadamente 25 semanas, com início no dia 14 de fevereiro de 2024 e o fim no dia 9 de agosto de 2024.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. História do pão

Foi na bacia fértil dos rios Tigre e Eufrates, conhecida como Crescente Fértil, que a humanidade descobriu o trigo, dando início ao seu cultivo quando percebeu que as sementes caídas no solo germinavam, dando origem a novas plantas. Inicialmente, os cereais eram consumidos crus ou inteiros, tendo começado posteriormente a ser moídos para preparar papas, bolachas e outras misturas com água a partir da farinha resultante, amassadas e cozidas sobre uma pedra quente. O pão era preparado a partir de uma massa que não passava pelo processo de fermentação, sendo bastante diferente do pão que conhecemos atualmente. O trigo foi-se espalhando por outros países, tendo sido utilizado pela primeira vez no Egito para a produção do antecessor do pão fermentado (pão que se assemelha ao da atualidade) (Brites & Guerreiro, 2008).

O pão é um alimento que remonta à civilização ocidental, há seis mil anos, altura que os egípcios o formularam, embora a utilização dos cereais remonta a quinze mil anos. Este alimento é visto como uma descoberta (bio)química, tendo sofrido diversas alterações tecnológicas e culturais, políticas, sociais, económicas e psicológicas. Devido ao seu elevado valor e importância, no Egito, o pão era utilizado como moeda de pagamento de salários, sendo um dia de trabalho pago com três pães e dois cântaros de cerveja (Brites & Guerreiro, 2008; Jacob, 2023). Na dieta egípcia o pão, feito a partir de farinha de trigo ou cevada era a base da alimentação, sendo o pão de trigo associado aos povos ricos. O pão sem adição de levedura ou fermento, era moldado na forma de bolos e cozido na parte exterior de fornos de barro em forma de cone, aquecidos internamente (Tommasi, 2023).

A produção do pão mais próximo ao que se conhece atualmente, deve-se ao facto de terem notado que, caso deixassem uma massa de farinha e água durante um determinado tempo, num local de temperatura amena, esta aumentava significativamente de volume, bem como melhorava a nível de consistência, sabor e aroma. A adição acidental de água do mar na farinha, também permitiu concluir que o sal tinha benefícios a nível de sabor e de consistência e aspeto final da massa. Posteriormente, após tais descobertas, foram inventados os fornos tradicionais de pedra ou barro, onde se cozia o pão no seu interior (Brites & Guerreiro, 2008; Tommasi, 2023).

Embora tenham sido os egípcios a desenvolver a receita do pão, foi no século I a.C. que atribuíram aos gregos a fama de serem grandes padeiros, possivelmente impulsionado pela introdução de um fermento designado de “*zyma*” (levedura, podendo ter dado origem à palavra enzima). O fermento “*zyma*” era obtido através da mistura de lúpulo e mosto fresco, guardado em ânforas de um ano para o outro. O pão fermentado, que era guardado para as famílias mais ricas era denominado de “*zymi*” e o pão não fermentado, denominado de “*azymi*” (Brites & Guerreiro, 2008).

Entre os séculos II a.C. e IV d.C., os romanos herdaram muito do conhecimento e prática da confeção do pão, através de delegações e de escravos gregos. Grande parte dos padeiros de Roma eram gregos, sendo os responsáveis pelo início do conceito de “padaria” como estabelecimento de venda de pão. Os romanos aperfeiçoaram a técnica de confeção de pão, através da implementação da sua sabedoria a nível de moagem, e na utilização de

tijolos para a construção de fornos para o cozer, onde utilizavam a espuma da cerveja como fermento para a massa (Brites & Guerreiro, 2008).

Durante escavações arqueológicas em Pompeia, foi encontrada uma padaria que continha diversas peças queimadas do designado *panis quadratus*, nome proveniente das separações feitas por um fio no pão, como representado na Figura 1 (Roth, 2021).



Figura 1 – *Panis quadratus* (Roth, 2021)

Apesar de estar presente na alimentação humana há imenso tempo, o pão apenas começou a ser detalhadamente estudado no final do século XIX, altura em que Pasteur descobriu a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, responsável pelo aumento do volume das massas. Com o avanço da bioquímica, na segunda metade do século XX, começaram a ser estudados os mecanismos mais complexos envolvidos na sua preparação (Brites & Guerreiro, 2008).

2.1.1. O pão em Portugal

Na época romana, a Lusitânia, que corresponde à zona limitada pelos rios Tejo e Douro, era conhecida como o “Celeiro do Império” (Brites & Guerreiro, 2008).

O pão era dividido em três categorias: o “*panis mundus*” de primeira qualidade, o “*panis secundarius*” fabricado com farinha de segunda (com mais farelo), o “*panis sordidus*” de baixa qualidade (consumido pelos pobres) (Brites & Guerreiro, 2008).

A história do pão em Portugal teve diversas fases, tendo evoluído desde a introdução do arado e do centeio pelos suevos (séculos IV a VIII) e do trigo rijo pelos árabes (séculos VIII a XII). Diversas fases ao longo do século contribuíram para o desenvolvimento da produção de trigo e de pão em Portugal como: a organização dos padeiros em grémios devido à regulamentação implementada (século XII); o aumento do consumo do pão e consequentemente a escassez do trigo (século XIII); a peste negra que levou a uma escassez de cereais e à implementação da Lei das Sesmarias, que obrigava o cultivo dos terrenos (século XIV); a implementação da cultura do trigo nos Açores e na Madeira, bem como a definição de regimentos que fixavam o preço e o peso do pão consoante o preço do alqueire de trigo (século XV); a introdução dos primeiros peneiros mecânicos (século XVI); a intensificação da fiscalização da venda do pão (século XVII); a diminuição do preço do pão devido aos avanços tecnológicos na agricultura e na moagem, como a introdução de fornos de ferro e da primeira amassadeira mecânica (século XVIII); a implementação da primeira lei relativa à importação de trigo e da lei dos cereais de Elvino de Brito (século XIX); o início

da investigação genética e posterior melhoria das sementes, criação de organizações relativas ao controlo da produção, compra e venda de trigo e/ou pão, implementação de câmaras de fermentação e fornos elétricos e produção de massas ultracongeladas (século XX). No século XXI, foi autorizada a incorporação de aditivos e ingredientes que melhorassem o processo de moagem, obtendo produtos de melhor qualidade, de acordo com as necessidades do consumidor (Brites & Guerreiro, 2008).

Na Figura 2, apresentam-se alguns dos diferentes pães de trigo da atualidade: a) bola de lenha; b) carcaça portuguesa; c) pão alentejano; d) pão rústico (Continente, 2024a, 2024b, 2024d, 2024c).

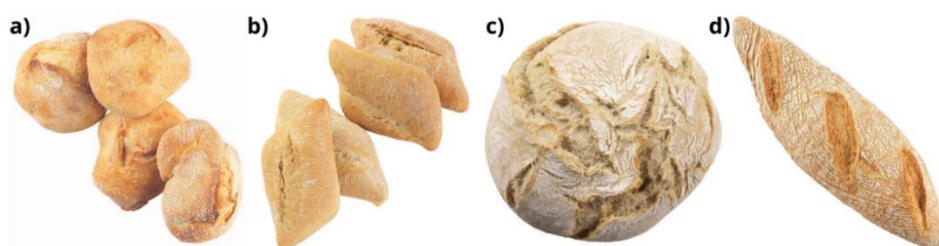


Figura 2 – Pão de trigo: a) bola de lenha (Continente, 2024a); b) carcaça portuguesa (Continente, 2024b); c) pão alentejano (Continente, 2024c); d) pão rústico (Continente, 2024d)

Os consumidores tendem a um aumento da preocupação com a saúde e, por esse mesmo motivo, procuram alimentos produzidos à base de ingredientes naturais, grãos integrais e redução no teor de açúcares, como é o caso de alguns tipos de pão (Caba, 2023).

De acordo com dados publicados pelo *World of Statistics* (2023), o país que mais consome pão é a Turquia, com um consumo de pão *per capita* por ano igual a 199,6 kg. Seguidos da Turquia estão os países Sérvia (135,5 kg), Bulgária (131,1 kg), Ucrânia (88 kg), Chipre (74 kg) e Argentina (72 kg). Segue-se Portugal, Polónia, Dinamarca e Grécia, com um consumo de 70 kg de pão *per capita* por ano. Isto significa que, em média, cada português, ao longo de um ano, consome 70 kg de pão.

Segundo um estudo realizado por Bortoluzzi (2020), relativamente aos hábitos de compra e de consumo de pão na região de Bragança em Portugal, 99,1% dos 215 participantes afirmam gostar de pão, e 95,8% inclui o pão na sua dieta devido à sua importância em termos nutritivos. Dos inquiridos que consomem pão, 172 afirmam conhecer a sua composição nutricional. No entanto, a maioria dos consumidores (87,8%) apenas indica a presença de amido, desconhecendo a presença de glicose (39% dos consumidores), proteínas (19,2% dos consumidores) e lípidos (11% dos consumidores). É evidenciada a falta de informação por parte dos consumidores relativamente à composição nutricional do pão.

Atualmente, de 2012 a 2021, segundo o Instituto Nacional de Estatística (INE), a quantidade de pão de trigo produzida em Portugal anualmente (toneladas), tende a diminuir ligeiramente. O pico de produção foi em 2012, correspondendo a 277795 toneladas, contrariamente ao ano de 2015 onde se observou a menor produção, correspondendo a 218887 toneladas (INE, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2021, 2022, 2023).

Devido ao crescente interesse e popularidade das dietas à base de plantas, tem sido notório o aumento na procura de pão vegan à base de plantas. A sustentabilidade também

é uma das preocupações atuais, estando o mercado em constante evolução para satisfazer esta vertente. Assim, o mercado do pão tem sofrido várias mudanças no sentido de satisfazer as necessidades e interesses dos consumidores (Caba, 2023).

2.1.2. Ingredientes do pão

O pão resulta da junção de farinha de trigo (ou outro tipo de cereal estipulado), água potável e fermento ou levedura, podendo ser adicionados outros ingredientes como sal e açúcar (Portaria n.º 52/2015, 2015).

2.1.2.1. Farinha de trigo

O trigo (*Triticum spp.*) é um cereal cultivado em todo o mundo, comumente utilizado na produção de produtos de panificação e pastelaria (como por exemplo o pão) e, quando não atinge os requisitos de qualidade para consumo humano, é utilizado na produção de ração animal. A composição química do grão, como o teor de água, os hidratos de carbono, a proteína, os lípidos e minerais, afeta as características funcionais e as propriedades estruturais, definindo posteriormente a qualidade da farinha de trigo (Martins et al., 2012; Scheuer et al., 2011).

A farinha é o produto resultante da moagem dos grãos de um ou mais cereais (maduros, sãos, não germinados e isentos de impurezas), devendo as farinhas destinadas à indústria de panificação respeitar os valores definidos de humidade, acidez, cinza total, cinza insolúvel e glúten seco (Portaria n.º 254/2003, 2003). A farinha de trigo é um dos principais ingredientes do pão, tendo bastante influência na qualidade final do produto. É necessário escolher uma farinha com propriedades adequadas para a panificação, tendo em conta que a qualidade da mesma é influenciada pela variedade do trigo e pelas condições de crescimento e cultivo do mesmo (Belitz et al., 2009).

Dos vários tipos de farinha de trigo estabelecidos (45, 55, 65, 80, 110 e 150), todas têm de atender a uma percentagem máxima de 14,5 de humidade e a um máximo de 0,120 g de acidez por 100 g de farinha. O teor de cinza (presença de sais minerais) e o grau de moagem, são fatores determinantes para classificar os diferentes tipos de farinha. A percentagem de cinza total, cinza insolúvel e de glúten seco varia consoante o tipo de farinha, apresentando para a farinha do tipo 65 (farinha mais adequada para fazer pão) uma percentagem limite entre 0,61 e 0,75 de cinza total, percentagem máxima de 0,02 de cinza insolúvel e percentagem máxima de 8 de glúten seco (Boen et al., 2007; Portaria n.º 254/2003, 2003).

Existem vários tipos de farinha, designados para diferentes utilizações: farinha de utilização geral, farinha especial, farinha composta, sêmola de trigo, farinha de grão inteiro. A farinha de trigo de utilização geral encontra-se disponível no mercado retalhista, sendo indicada para utilização doméstica, com a finalidade de produzir produtos de panificação. A farinha especial é utilizada para a produção de produtos de pastelaria especiais, como pão de forma. A farinha composta é uma farinha especial, pronta a usar, que tem na sua composição outros ingredientes, como leite ou ovo em pó, que serve para a produção de produtos de pastelaria em específico. A farinha de sêmola é feita através do cereal

descascado e grosseiramente moído, sem a casca e a semente. A farinha de grão inteiro é obtida a partir da moagem do grão inteiro, incluindo o germe. É importante efetuar um controlo de qualidade prévio à farinha de trigo, de modo a garantir a qualidade geral das propriedades de panificação (Belitz et al., 2009).

De modo geral, a composição dos diferentes tipos de farinha de trigo inclui, maioritariamente, amido, água e proteína, que representam entre 62,9% e 72,8%, 10,7% e 13,4%, 7,8% e 9,6%, respetivamente (INSDRJ, 2023; Scheuer et al., 2011).

O amido é um hidrato de carbono que representa grande parte da constituição da farinha de trigo. Encontra-se, por norma, nas plantas sob a forma de grânulos, sendo um hidrato de carbono de reserva. Em 1980, o amido obtido a partir do trigo (bem como de outros cereais), representava cerca de 99% da produção mundial. O amido, estruturalmente composto por cadeias de amilose e amilopectina, é um homopolissacárido. A amilose, que representa entre 20 e 30% da composição do amido, forma uma cadeia linear, e é constituída por unidades de glicose ligadas através de ligações glicosídicas do tipo α -1,4. Por sua vez, a amilopectina, forma uma estrutura ramificada e é constituída por unidades de glicose, unidas por ligações glicosídicas α -1,4 e α -1,6. Na Figura 3, estão representadas as estruturas da amilose (**A**) e da amilopectina (**B**), sendo que o grau de polimerização pode diferir consoante a variedade da espécie e o grau de maturação da planta. O amido tem propriedades de gelatinização e retrogradação. A gelatinização ocorre a temperaturas entre 58 e 66°C, quando o amido absorve a água, resultando num aumento da viscosidade devido ao inchaço do grânulo. A retrogradação consiste na cristalização das cadeias de amido gelatinizado, onde a pasta formada arrefece, dando origem a um gel firme e coeso, devido à diminuição de energia das cadeias de amido e ao reforço das ligações de hidrogénio. Posteriormente, o sistema envelhece, e as interações entre as cadeias de amido tornam-se mais energéticas, levando as mesmas a eliminar o excesso de água, facilitando a formação de cristais no gel (Belitz et al., 2009; Denardin & Silva, 2009; Scheuer et al., 2011).

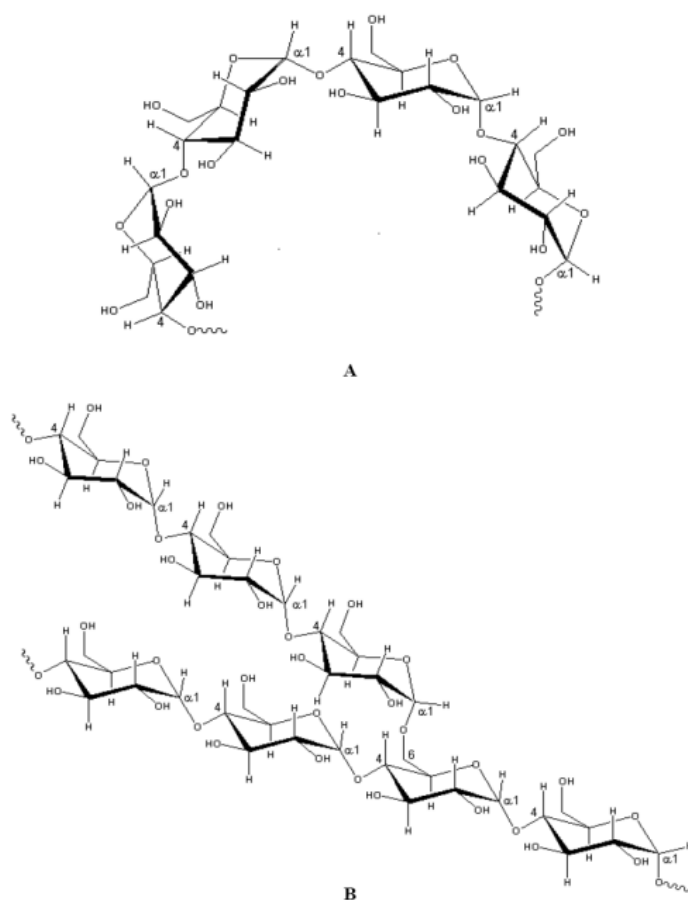


Figura 3 – A) Estrutura da amilose: polímero linear composto por D-glicoses unidas em α -(1-4); B) Estrutura da amilopectina: polímero ramificado composto por D-glicoses unidas em α -(1-4) e α -(1-6) (Denardin & Silva, 2009)

Embora a função do amido ainda não esteja muito clara, durante a preparação da massa, este absorve cerca de 46% de água (Goesaert et al., 2005). É degradado através de enzimas amilolíticas, como é o caso das amilases, enzimas industriais de extrema importância em biotecnologia. As amilases, produzidas por bactérias ou leveduras, têm a capacidade de hidrolisar os polissacáridos do amido, isto é, converter o amido em açúcares simples, e encontram-se em animais, microrganismos e plantas (Belitz et al., 2009; A. N. de Oliveira et al., 2007). As α - e β -amilases encontram-se presentes em todos os cereais, sendo as do trigo de interesse acrescido uma vez que a sua atividade ótima é importante na preparação de massas que contenham fermento (como é o caso das massas para a produção de pão). A α -amilase tem a capacidade de hidrolisar o amido dentro da célula, fazendo com que viscosidade da solução do mesmo diminua rapidamente. A atividade da enzima diminui consoante a diminuição do grau de polimerização do substrato (Belitz et al., 2009).

Relativamente às proteínas presentes no trigo, existem as formadoras de glúten (gliadinas e gluteninas) e as não formadoras de glúten (albuminas e globulinas). As gliadinas e gluteninas demonstram interesse específico para a produção de pão, uma vez que formam glúten, que é um conjunto de proteínas insolúveis do trigo capazes de formar

massa. Ou seja, quando adicionada água à farinha de trigo, forma-se uma massa constituída da rede proteica de glúten, ligada aos grânulos de amido (Guarienti, 1996).

Farinhas designadas por farinhas não panificáveis são aquelas que não permitem a extração do glúten e, conseqüentemente, os pães produzidos a partir dessa farinha não apresentam as características e a qualidade dos pães de glúten. Assim, farinhas com uma boa capacidade de absorção de água e alto teor proteico (formação de glúten com propriedades viscoelásticas favoráveis) são capazes de formar massas com boa elasticidade, consistência e boa retenção do gás carbônico (durante a fermentação), dando origem a pães com aumento de volume considerável e textura uniforme (Martins et al., 2012).

2.1.2.2. Água potável

A água, assim como a farinha, é um dos ingredientes mais importantes na preparação da massa do pão, uma vez que afetam a textura e o miolo do pão final. Através da utilização de uma quantidade de água adequada (a quantidade utilizada nas receitas varia entre 60 e 75%), o pão resultante torna-se leve e de textura macia (Mondal & Datta, 2008). Quando misturada com farinha de trigo, a água tem a capacidade de formar uma massa viscoelástica (Tuhumury et al., 2014).

A água potável define-se comumente como “água destinada ao consumo humano”, que é toda a água no seu estado original ou tratada, destinada a ser bebida, utilizada para cozinhar ou preparar alimentos, à higiene pessoal ou outras utilidades domésticas. Como não afeta a salubridade do produto alimentar final, é utilizada nas empresas de indústria alimentar com a finalidade de fabrico, transformação, conservação ou comercialização de produtos ou substâncias alimentares (Decreto-Lei n.º 306/2007, 2007).

A água revela ainda uma certa importância quando se trata da atividade das enzimas e, quando adicionada à farinha, tal como representado na Figura 4, ocorre a hidratação das partículas e agregados, dando origem a estruturas semelhantes a redes devido às suas propriedades de coesão (Belitz et al., 2009).

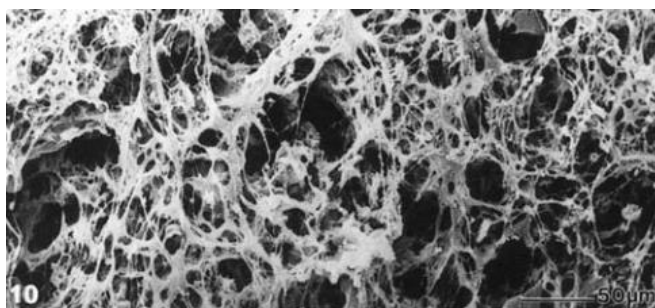


Figura 4 – Massa após adição de água, não amassada, rede de proteínas conectada (Belitz et al., 2009)

2.1.2.3. Fermento

O pão torna-se um produto alimentar distinto dos demais devido ao seu processo de fermentação, causado pelo fermento ou levedura (Mondal & Datta, 2008).

A *Saccharomyces cerevisiae*, comumente designada como fermento de padeiro, é um organismo eucarionte unicelular, com grande importância na indústria biotecnológica e alimentar, bastante utilizada na produção de alimentos, como é o caso do pão, cerveja e vinho. É o fermento mais comum na indústria da panificação, e tem a capacidade de fazer aumentar o volume da massa do pão a partir dos gases formados na fermentação (Parapouli et al., 2020).

Existem vários tipos de fermentos comerciais, sendo o fermento seco ativo instantâneo o indicado para a produção da massa do pão, uma vez que ajuda a reduzir o tempo de mistura da massa, devido a um efeito no desenvolvimento da rede de glúten. Aquando da seleção do tipo de fermento a usar, a sua capacidade de produzir dióxido de carbono (CO₂) de forma rápida (capacidade de libertar gases no processo fermentativo) e a sua forte atividade da enzima invertase (consumo da sacarose no processo fermentativo), são aspetos positivos a ter em conta. O fermento tem a capacidade de produzir ácido pirúvico e glicerol, que conferem um efeito positivo na textura do pão (Parapouli et al., 2020).

2.1.2.4. Sal

O sal é um composto iónico comumente designado por “sal comum” ou “sal de cozinha”, estando o “sal alimentar” destinado ao consumo humano e indústrias alimentares. Sal alimentar é o produto cristalino resultante de extração no estado natural ou tratado, constituído maioritariamente por cloreto de sódio (Decreto-Lei n.º 350/2007, 2007; Lei n.º 75/2009, 2009)

Existem vários tipos de sal no estado natural (marinho; de fontes salinas; sal-gema) e tratado (purificado ou higienizado; refinado; de mesa; iodado; cloreto de sódio), não devendo a ingestão do mesmo exceder as 5 g por dia, de modo a prevenir doenças (Decreto-Lei n.º 350/2007, 2007; WHO, 2012).

Relativamente à produção de massa para pão e às características reológicas da mesma, a adição de sal aumenta o tempo de desenvolvimento, a resistência à expansão e extensibilidade. Quando presente em baixas concentrações, o sal é capaz de mascarar as cargas das moléculas de glúten, diminuindo a repulsão eletrostática entre proteínas, dando origem a uma massa mais forte. Quando presente em altas concentrações, interage mais com as moléculas do solvente (água), e o seu efeito nas proteínas do glúten é caracterizado pelo tipo de iões presentes (Tuhumury et al., 2014). Quanto mais sal se adiciona à massa, maior a resistência da mesma, uma vez que ocorre um fortalecimento das redes de glúten formadas (McCann & Day, 2013).

A adição de sal no pão, para além de melhorar o sabor, aumenta a estabilidade da massa, devendo obedecer ao teor máximo permitido de adição de 1,4 % (Belitz et al., 2009; Lei n.º 75/2009, 2009).

Pães com redução dos níveis de sal adicionado não apresentam diferenças tecnológicas (teor de humidade e perdas de água durante o cozimento) significativas comparativamente a pães com 1,2% de sal adicionado, no entanto, apresentam diferenças a nível da estrutura do miolo, de endurecimento, tempo de vida útil e à formação da crosta. A redução do sal leva a uma maior produção de gás e, consecutivamente, a um volume

maior, havendo tendência para um ligeiro aumento do volume específico. Algumas das principais características sensoriais do pão são influenciadas pela redução do sal, como é o caso da textura, sabor e cor (Belz et al., 2012).

2.1.2.5. Açúcar

Açúcar é “todo o edulcorante natural extraído, em geral, da cana ou da beterraba sacarinas e constituído essencialmente por sacarose” e pode ser classificado por várias categorias: em rama ou rama de açúcar, refinado, granulado, refinado corrente, açúcares refinados especiais (Portaria n.º 513/74, 1974).

Por norma, o valor padrão de açúcar adicionado ao pão é de 2% relativamente à quantidade de farinha. A adição de açúcar (sacarose) aumenta a produção de CO₂ pelas leveduras, e tem influência na reação de Maillard, tendo pouca influência no sabor do produto final (Müller et al., 2021).

Embora não seja essencial, a adição de açúcar no pão confere-lhe uma cor mais atrativa, bem como outras características. Afeta significativamente o processo de incorporação de ar da massa durante a mistura, diminuindo a porosidade e o tamanho médio das bolhas, e aumentando a taxa volumétrica de incorporação de ar. No entanto, em concentrações maiores que 10% relativamente à quantidade de farinha adicionada na massa, o açúcar pode enfraquecer a rede de glúten e tornar a massa menos extensível, uma vez que ambos competem pela água disponível (Trinh et al., 2015).

2.1.3. Etapas na produção de pão

O pão resulta da amassadura, fermentação e cozedura dos ingredientes do pão (Portaria n.º 52/2015, 2015).

2.1.3.1. Amassadura

O processo de amassadura é descrito como a mistura dos ingredientes e temperos, bem como o desenvolvimento e plastificação da massa. A energia transferida para a massa durante o processo de amassadura é bastante importante para a sua qualidade final, uma vez que, se não se enquadrar no valor ótimo, a massa torna-se mais húmida e perde capacidade de retenção de gases. O aumento da velocidade da amassadura é proporcional ao aumento da temperatura da massa, o que não é benéfico uma vez que pode reduzir a estabilidade da mesma. Assim, é importante estabelecer medidas que permitam manter a temperatura da massa constante (entre 22 e 30°C) durante este processo (Belitz et al., 2009). Durante esta etapa, a massa aprisiona ar e os lípidos livres da farinha ligam-se ou ficam retidos na fração de glúten, podendo alinhar-se na interface das células de gás (Pareyt et al., 2011).

Nesta etapa, as partículas da farinha absorvem a água adicionada, e passam por um processo de cisalhamento (quebra/mistura). Após as proteínas do glúten ficarem hidratadas, interagem entre si, formando uma rede contínua e coesa. Durante o processo de mistura da massa, é bastante importante a incorporação de ar, uma vez que afeta a

estrutura final do miolo. Na etapa de fermentação, as leveduras produzem dióxido de carbono que se difunde nas bolhas de ar previamente formadas na mistura da massa (Miguel et al., 2013).

O sistema de preparação da massa no método direto é o mais simples, onde se juntam e misturam todos os ingredientes até obter uma massa. O método indireto é mais complexo, onde a mistura dos ingredientes é feita em duas etapas distintas: na primeira etapa junta-se uma quantidade específica de farinha, água e levedura, deixando a mistura levedar algumas horas; na segunda etapa adicionam-se os restantes ingredientes (Miguel et al., 2013).

2.1.3.2. Fermentação

A fermentação consiste no processo de transformação de glicose em dióxido de carbono e etanol através das leveduras, que promove a expansão da estrutura da massa através da formação de bolhas de ar (Belitz et al., 2009; Pareyt et al., 2011; Wang et al., 2011). O tempo necessário para que ocorra a fermentação depende do tipo de farinha utilizado, dos temperos (sal, açúcar) e da quantidade de fermento, com condições ótimas associadas de temperatura entre 34 e 38°C e pH entre 4,0 e 5,2 (Belitz et al., 2009; Parapouli et al., 2020).

De forma a obter um pão com uma estrutura de miolo fina, é necessário reter o máximo possível de células de gás, de forma a estabilizar as bolhas de ar formadas e evitar que as mesmas se juntem ou formem bolhas maiores, ficando uniformemente espalhadas (Pareyt et al., 2011).

Uma das técnicas para alcançar pão de melhor qualidade, como o caso da textura e sabor, é deixar a massa passar por uma segunda fermentação a frio durante algumas horas, designada como fermentação final lenta. Este tipo de fermentação permite que a fermentação bacteriana acompanhe o processo de fermentação proveniente das leveduras adicionadas, conferindo alta ação enzimática, permitindo que o amido se decomponha em açúcares simples e que a massa cresça lentamente até ao tamanho adequado (Reinhart, 2016).

2.1.3.3. Cozedura

O processo de cozedura consiste num conjunto de mudanças físicas, químicas e bioquímicas, como a expansão do volume, evaporação da água, formação de uma estrutura porosa, desnaturação de proteínas, gelatinização do amido, formação de crosta e reações de escurecimento (Miguel et al., 2013).

Durante a cozedura, os grânulos de amido absorvem água e gelatinizam, podendo libertar-se parte da amilose neste processo e dispersar-se, embora a extensão da libertação seja incerta. As proteínas do glúten desenvolvem ligações cruzadas entre si, dando origem a uma rede (Pareyt et al., 2011).

O escurecimento da crosta do pão está relacionado com os açúcares redutores formados a partir da hidrólise do amido e açúcares presentes na farinha durante a preparação e fermentação da massa, como é o caso da glicose, frutose, maltose, etc. Quando são submetidos a altas temperaturas, os açúcares sofrem caramelização e, no caso

dos açúcares redutores, estes podem reagir com os grupos livres de aminoácidos das proteínas durante a reação de Maillard. Estes processos, para além de conferirem cor ao pão, também atribuem melhorias noutros aspetos sensoriais, como o cheiro e sabor (Miguel et al., 2013; Scheuer et al., 2011).

As interações entre as várias etapas de cozedura, como a gelatinização e a atividade enzimática, determinam a qualidade do miolo do pão cozido. À medida que a temperatura vai aumentando durante a cozedura, são várias as reações e processos que ocorrem no pão (Cauvain & Young, 2007):

- **55°C:** Quando a levedura atinge esta temperatura é inativada. À medida que a temperatura sobe, os gases retidos na massa expandem-se, mantendo a estrutura da mesma;
- **58 – 66°C:** Ocorre a gelatinização do amido de trigo. Os grânulos de amido, inicialmente, absorvem a água livre presente na massa. Como a água presente na massa não é suficiente para gelatinizar na totalidade o amido, a água é transferida das membranas proteicas para o amido, à medida que vai decorrendo a cozedura do pão. Caso se adicione açúcar na massa, o mesmo pode atrasar este processo;
- **60 – 70°C:** A atividade da α -amilase atinge o seu máximo. Esta enzima é responsável pela conversão do amido em açúcares;
- **85°C:** A amilase é destruída apenas quando atinge esta temperatura. Esta enzima é responsável pelo volume do pão;
- **92 – 95°C:** Temperatura que deve atingir o centro do pão para que o mesmo fique devidamente cozido;
- **100°C:** Ocorre a formação da crosta. À medida que a água evapora, o pão seca, formando assim a crosta do pão e conferindo crocância ao mesmo;
- **115°C:** A partir desta temperatura ocorrem as reações de Maillard. Nesta etapa, a crosta do pão fica com tons acastanhados, tornando-o mais atrativo visualmente.

2.1.4. Regulamentação e critérios de qualidade aplicáveis ao pão

Segundo a Portaria nº 52/2015, de 26 de fevereiro, pão é um produto resultante da amassadura, fermentação e cozedura, em condições adequadas, das farinhas de trigo, centeio, triticale ou milho, isoladas ou em mistura, de acordo com os tipos legalmente estabelecidos, adicionando água potável e fermento ou levedura. Também é permitida a adição de outros ingredientes, como sal e aditivos, assim como auxiliares tecnológicos, nas condições legalmente estabelecidas (Portaria n.º 52/2015, 2015).

O pão, quando é consumido num prazo inferior a 24 horas após a sua confeção, é denominado de “pão fresco”, não sendo necessário indicar a data de durabilidade mínima. O fabrico deste tipo de pão é efetuado em processo contínuo, sem interrupções para conservação. Quando se utilizam farinhas de trigo dos tipos 45, 55, 65, 80 ou 100, juntamente com água potável, sal e fermento ou levedura, é denominado “pão de trigo”. Também é permitido adicionar glúten de trigo, extrato de malte e farinha de malte, açúcares e alguns aditivos (Portaria n.º 52/2015, 2015).

A Lei n.º 75/2009, de 12 de agosto define o teor máximo permitido de sal adicionado no pão, 1,4 g por 100 g de pão (1,4%).

Para definir a qualidade do pão, é necessário ter em conta a qualidade tecnológica (intimamente relacionada com a aceitação do consumidor) e a qualidade nutricional e funcional (associada à saúde do consumidor) (Arp et al., 2018).

Por norma, um pão atraente para o consumidor apresenta uma crosta crocante e de cor acastanhada, aroma agradável, boas características de fatiamento, textura de miolo macia e elástica e com uma sensação de humidade na boca, isto é, um pão que não seja muito seco. Após o cozimento, o pão fica suscetível a uma série de mudanças indesejáveis ao consumidor, designadas como envelhecimento, levando a uma redução gradual da qualidade do pão. Produtos frescos de padaria, como é o caso do pão, têm uma vida útil reduzida, sendo por isso a perda de frescura evidente passado pouco tempo após a confeção, levando a um aumento da firmeza do miolo e diminuição do sabor, aroma e humidade. Para retardar a perda de qualidade do pão e aumentar o tempo de vida útil, é recorrente a utilização de aditivos na indústria de panificação, como emulsificantes, agentes redox químicos (antioxidantes) e enzimas (Miguel et al., 2013).

2.2. Valorização de plantas marítimas

As plantas marítimas têm sido alvo de interesse por parte dos cientistas, indo ao encontro da necessidade da sua valorização e conservação, à medida que a zona costeira sofre cada vez mais urbanização, a taxa de perda das plantas marítimas tem vindo a aumentar (Larkum et al., 2006).

As plantas são essenciais para a vida e, por isso, é essencial a sua conservação e estudo, de modo a otimizar a sua aplicação e produção. As espécies de plantas endémicas, são plantas as quais crescem e se adaptam a uma área geográfica específica, tendo características que as tornam mais vulneráveis à extinção do que as demais (distribuição restrita, condições específicas de habitat, tamanho populacional baixo ou em declínio, colheita excessiva, baixa capacidade de reprodução, necessidade de ambientes estáveis e constantes). A biotecnologia, através da melhoria dos métodos de conservação das plantas, permite também a aplicação e utilização das mesmas de maneira sustentável (Coelho et al., 2020).

Considera-se halófita qualquer planta capaz de completar o seu ciclo de vida e de se reproduzir em condições de salinidade correspondentes a uma condutividade entre 8 e 10 dS/m (aproximadamente 20% da salinidade da água do mar) ou superior. O termo halófita, deriva de *halos* que significa “sal”, e de *phyta* que significa “planta”, e define as espécies de plantas que têm como habitat ecossistemas salinos (representam cerca de 23% da terra cultivável no mundo) (Oliveira & Sapata, 2018; Orrego et al., 2018).

As halófitas, que representam cerca de 1% da flora mundial, distinguem-se das demais pela sua capacidade de crescer em ambientes salinos (costas ou dunas de areia, depressões salinas). Existem mais de 2500 géneros de halófitas pelo mundo e, para sobreviverem, necessitam de um equilíbrio osmótico entre sais minerais e água, utilizando os iões disponíveis no meio ambiente (sódio). Assim, a sua sobrevivência está intimamente ligada à sua capacidade de armazenar iões dentro dos vacúolos, como o caso do sódio, contribuindo para a dessalinização do solo e melhoria da disponibilidade de nutrientes,

criando um ambiente mais favorável ao crescimento de outras plantas. Assim, uma halófita consegue controlar os níveis de iões e de água, de forma a evitar que os mesmos se tornem tóxicos (Flowers et al., 1986; Mzoughi & Majdoub, 2021).

Investigadores de várias partes do mundo, como ecologistas, fisiologistas, cientistas de solo e engenheiros agrícolas, têm demonstrado um constante interesse por halófitas. Têm feito vários estudos relativamente à seleção de espécies, a gestão e utilização económica das mesmas, revelando as capacidades das halófitas como antioxidante, antiviral, anti-inflamatória, anti-hipertensiva, anti-fadiga, neuroprotetora (Mzoughi & Majdoub, 2021; Oliveira & Sapata, 2018).

No presente trabalho são abordadas as plantas marítimas *Suaeda vera* Forssk. ex J.F.Gmel., *Atriplex halimus* L., *Inula crithmoides* (L.) Dumort. (halófitas) e *Corema album* D. Don.

2.2.1. *Suaeda vera* Forssk. ex J.F.Gmel.

A espécie *Suaeda vera*, geralmente conhecida como barrilha ou valverde-dos-sapais, é uma halófita autóctone que, embora não se saiba a localização exata, os seus primeiros registos de ocorrência são na Arábia e no Egito. É nativa da Região Mediterrânica, França, Inglaterra e Macaronésia (Cabo Verde, Canárias e Madeira) (Castroviejo et al., 1990; Ferreira, sem data-b; Jardim Botânico UTAD, 2024d).

É uma planta autóctone de Portugal Continental e do arquipélago da Madeira, isto é, cresce naturalmente. No arquipélago dos Açores não é possível encontrar a planta, uma vez que não cresce nesse mesmo local (Flora-On, 2024d).

É possível observar desde a Beira Litoral até ao Algarve (mais frequente a sul de Portugal Continental), no Parque Natural do Sudoeste Alentejano e Costa Vicentina, sob a forma de arbustos ramificados, caracterizando-se pelas suas cores verdes e avermelhadas (Araújo, 2024b; CMIA, sem data; Herbari Virtual del Mediterrani Occidental, sem data-b).

2.2.1.1. Taxonomia e caracterização da espécie

A espécie halófita *Suaeda vera*, pertence ao género *Suaeda* e família *Amaranthaceae*, tendo sido descrita cientificamente por Forssk. ex J. F. Gmel. É também conhecida por outros nomes científicos, como: “*Chenopodium fruticosum* L.”; “*Lerchea fruticosa sensu Merino*”; “*Suaeda fruticosa auct.*”. (Jardim Botânico UTAD, 2024d).

A classificação taxonómica da espécie *Suaeda vera*, apresenta-se na Tabela 1 (Araújo, 2024b; Jardim Botânico UTAD, 2024d).

Tabela 1 – Classificação taxonômica da *Suaeda vera*, adaptado de (Araújo, 2024b; Jardim Botânico UTAD, 2024d)

Classificação Taxonômica	
Divisão	<i>Spermatophyta</i>
Sub-divisão	<i>Magnoliophytina (Angiospermae)</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Sub-classe	<i>Caryophyllidae</i>
Ordem	<i>Caryophyllales</i>
Família	<i>Amaranthaceae</i>
Gênero	<i>Suaeda</i>
Espécie	<i>Suaeda vera</i>

2.2.1.2. Morfologia

A espécie *Suaeda vera*, pode ser observada sob a forma de arbustos lenhosos ramificados, caracterizando-se pelas suas cores verdes e avermelhadas (Herbari Virtual del Mediterrani Occidental, sem data-b). É classificada como um nanofanerófito, que corresponde a pequenos arbustos cujo comprimento não excede os dois metros, e as gemas de renovo encontram-se entre os 20 e 25 cm de altura (Jardim Botânico UTAD, 2024d; UTAD, 2024).

É uma planta ramificada perene, e o tamanho do arbusto apresenta normalmente entre 10 e 80 cm de altura. Os caules da planta são glabros (não apresentam pelos), e podem ser prostrados (deitados no chão) ou eretos (crescem para cima). As folhas apresentam, por norma, entre 3 e 15 de comprimento, podendo atingir os 20 mm. Inicialmente são verdes, tornando-se vermelhas no Verão. Em termos de largura, apresentam entre 0,5 e 1,5 mm, podendo atingir os 2 mm. Variam entre lineares a oblongas (podem apresentar com menos frequência formato ovóide). As pontas das folhas podem ser arredondadas ou ligeiramente pontiagudas. As bractéolas apresentam cor prateada e são, geralmente, persistentes. As flores são hermafroditas, variam entre 0,8 e 1,1 mm de diâmetro e são sésseis, agrupadas normalmente em glomérulos de três a cinco (pode apresentar até sete flores). As peças do perianto (constituído por cinco tépalas carnudas) têm entre 0,8 e 1,2 mm, são ligeiramente unidas na base, arredondadas e normalmente de cor esbranquiçada. O androceu (parte reprodutiva masculina) da planta é constituído por cinco estames, já o gineceu (parte reprodutiva feminina) por norma apresenta um pistilo com três estames (raramente apresenta dois ou cinco). Apresenta por norma cinco estigmas ou mais, com menos de 0,5 mm, papilosos, de formato aproximadamente planos e triangulares. Os estigmas estão inseridos em torno de um estilete curto e tubular. O ovário da planta é subcilíndrico, isto é, apresenta uma forma aproximadamente cilíndrica. Relativamente às sementes da planta, variam entre 0,8 e 2 mm de comprimento, e entre 0,7 e 1,0 mm de largura, e apresentam uma camada externa escalariforme e rígida. Apresentam cor negra, sendo lisas e transversais. Apresenta um número diplóide de 18, 36 ou 54 cromossomas ($2n=18, 36, 54$). A floração desta planta ocorre entre os meses de março e outubro (Araújo, 2024b; Castroviejo et al., 1990)

Na Figura 5, em (a), (b), (c), (d) e (e) estão representados hábito (porte) da planta, o ramo, as folhas, a flor e os periantos e folhas, respetivamente (Almeida, 2024; Fernandes, 2007; Langhe, 2022; Pereira, 2024e; Porto, 2024j, 2024l).



Figura 5 – *Suaeda vera*: (a) hábito da planta (Almeida, 2024); (b) ramo (Porto, 2024l); (c) folhas (Porto, 2024j); (d) flor (Pereira, 2024e); (e) periantos e folhas (Langhe, 2022)

2.2.1.3. Distribuição geográfica

Esta espécie cresce em terrenos incultos (sapais, estuários, caminhos e taludes de salinas e arribas litorais), preferindo solos salinos, arenosos ou areno-limosos, que são ocasionalmente inundados pela ação das marés, nunca ficando totalmente submersos (Flora-On, 2024d; Jardim Botânico UTAD, 2024d). A altitude dos terrenos onde se encontra pode variar entre 0 e 1000 metros acima do nível do mar. Relativamente à distribuição geográfica, esta planta está presente na Região Mediterrânea e na Costa Atlântica de Portugal, Espanha, França e Inglaterra. Encontra-se dispersa pelas zonas costeiras e zonas salinas do interior de quase toda a Península Ibérica (Castroviejo et al., 1990).

Segundo Castroviejo et al. (1990), a planta *Suaeda vera* tem maior predominância nas zonas com correspondência aos códigos provinciais (pontos a verde) de Espanha e Portugal apresentados na Figura 6. A legenda dos códigos encontra-se no Anexo I.



Figura 6 – *Suaeda vera*: mapa de distribuição na Península Ibérica (Castroviejo et al., 1990)

Atualmente, a planta *Suaeda vera* encontra-se predominantemente em 42 zonas/quadrículas de Portugal Continental, tal como é possível observar no mapa de distribuição representado na Figura 7. Através das respetivas coordenadas UTM de cada quadrícula, é possível observar as respetivas zonas onde a planta se encontra, as quais são: **Viana do Castelo**; **Aveiro**: Angeja (Albergaria-a-Velha), Gafanha de Aquém (Ílhavo); **Leiria**: Peniche, Atouguia da Baleia (Peniche), Arquipélago das Berlengas (Peniche); **Lisboa**: Estoril (Cascais), Costa da Caparica (Almada), Corroios (Seixal); Palhais (Barreiro), Montijo; **Santarém**: Samora Correia; **Setúbal**: Sesimbra, Comporta, Marateca; **Beja**: Vila Nova de Milfontes; **Faro**: Aljezur, Vila do Bispo, Raposeira (Vila do Bispo), Budens (Vila do Bispo), Sagres (Vila do Bispo), Lagos, Luz (Lagos), Odiáxere (Lagos), Portimão, Mexilhoeira Grande (Portimão), Lagoa, Estômbar (Lagoa), Porches (Lagoa), Albufeira, Tavira, Vila Nova de Cacela (Vila Real de Santo António), Castro Marim, Altura (Castro Marim), Azinhal (Castro Marim); **Golfo de Cádiz** (Carapeto, Clamote, Frade, et al., 2024; Conversor de Coordenadas & Deine Berge, 2024; Google Maps, 2024).

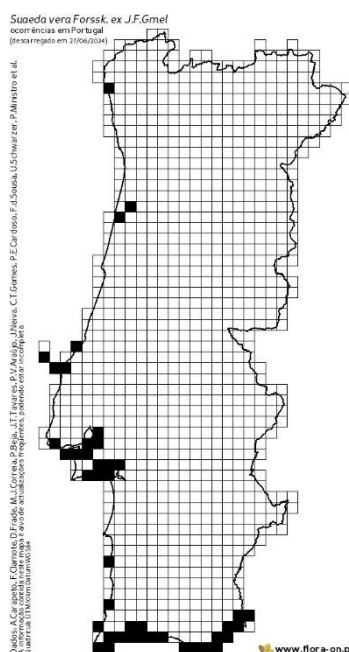


Figura 7 – *Suaeda vera* Forssk. ex J.F.Gmel: mapa de distribuição em Portugal Continental (Carapeto, Clamote, Frade, et al., 2024)

Verifica-se uma concordância entre o mapa representado na Figura 6 e o mapa da Figura 7, indicando que, ao longo de um período de 34 anos, em Portugal Continental, a planta manteve a sua distribuição, isto é, uma estabilidade a nível de distribuição geográfica, mesmo com as alterações climáticas que têm vindo a ocorrer ao longo dos últimos anos (Santos, 2021).

2.2.1.4. Aplicações na indústria

A *Suaeda vera*, comumente conhecida como barrilha, era utilizada na produção de sódio para a fabricação de sabão e vidro. Nos séculos XVIII e XIX, os principais exportadores

de barrilha para as indústrias foram a Índia, o Norte de África, França e Espanha (Ferreira, sem data-b; Wickens et al., 2012).

Devido à sua composição nutricional, é uma planta cujas folhas e ramos têm especial interesse para a nutrição animal como componente de misturas de ração. Comparativamente a outras halófitas, a *Suaeda vera* já foi usada para a ração animal, sendo bem aceite pelo gado, devido à adequada digestibilidade (Murillo et al., 1987).

2.2.1.5. Composição nutricional e mineral

Segundo Murillo et al. (1987), a *Suaeda vera* é uma planta que apresenta elevados teores de sódio (Na) tanto nas folhas como nos ramos, independentemente do tipo de solo em que cresça (areia ou pântano). No fim do verão, em setembro, alguns componentes como o fósforo (P), manganês (Mn) e zinco (Zn) diminuem bastante comparativamente aos meses anteriores, voltando a subir em novembro. Os ramos, comparativamente às folhas, têm teores de nitrogénio e minerais inferiores aos das folhas, sendo mais aconselhados para dietas animais. Em maio (vegetação madura), o teor de nitrogénio presente nos ramos da *Suaeda vera* é semelhante ao de algumas leguminosas e superior ao de gramíneas. É uma planta que apresenta um valor nutricional razoável, mesmo quando exposta a condições ambientais extremas.

O valor nutricional e mineral da *Suaeda vera* apresenta-se na Tabela 2. A planta apresenta 7,60% de humidade e um valor calórico de 284 kcal (1190 kJ) por 100 g de planta (Georget, 2023).

Tabela 2 – Composição nutricional e mineral da planta *Suaeda vera*, adaptado de (Georget, 2023)

Composição nutricional (g/100g m.s.)								
Cinza		Gordura Bruta	Proteína Bruta	Fibra Dietética Total	Fibra Dietética Insolúvel	Fibra Dietética Solúvel	Hidratos de Carbono	
21,24		1,56	35,22	19,25	5,78	13,47	22,73	
Composição mineral (mg/100g m.s.)								
Sódio Na	Potássio K	Cálcio Ca	Fósforo P	Magnésio Mg	Ferro Fe	Zinco Zn	Cobre Cu	Manganês Mn
4618,04	2326,02	941,09	420,96	223,60	10,85	0,61	2,15	3,03

2.2.2. *Atriplex halimus* L.

A *Atriplex halimus*, é uma halófita autóctone, tendo os seus primeiros registos de ocorrência em Portugal, Espanha e Virgínia. É nativa na Região Mediterrânea, Norte de África, Península Arábica, Somália, Etiópia e Macaronésia (Araújo, 2024a; Castroviejo et al., 1990; Ferreira, sem data-a; Jardim Botânico UTAD, 2024a)

É uma planta autóctone de Portugal Continental e foi introduzida pelo Homem no arquipélago da Madeira. No arquipélago dos Açores não é possível encontrar a planta, uma vez que não cresce nesse mesmo local (Flora-On, 2024a).

É possível observar desde o litoral da Estremadura até ao Algarve (particular incidência do Estuário do Sado), na Reserva Natural do Estuário do Sado e no Parque Natural do Sudoeste Alentejano e Costa Vicentina, sob a forma de arbustos ramificados,

caracterizando-se pelas suas cores verde-esbranquiçadas muito claras (quase cinza) (Araújo, 2024a; Ferreira, sem data-a; Occidental, sem data).

2.2.2.1. Taxonomia e caracterização da espécie

A espécie *Atriplex halimus*, geralmente conhecida como salgadeira, é uma planta halófito, pertencente ao género *Atriplex* e família *Amaranthaceae*, tendo sido descrita cientificamente por Lineu. É conhecida por outros nomes científicos, como: *Atriplex halimoides* Tineo; *Atriplex kataf* Ehrenb. ex Boiss.; *Atriplex parvifolia* Pau [Illegitimate]; *Atriplex serrulata* Pau; *Chenopodium halimus* (L.) Thunb.; *Schizotheca halimus* (L.) Fourr. (Jardim Botanico UTAD, 2024a).

A classificação taxonómica da espécie *Atriplex halimus*, apresenta-se na Tabela 3 (Araújo, 2024a; Jardim Botanico UTAD, 2024a).

Tabela 3 – Classificação taxonómica da *Atriplex halimus*, adaptado de (Araújo, 2024a; Jardim Botanico UTAD, 2024a)

Classificação Taxonómica	
Divisão	<i>Spermatophyta</i>
Sub-divisão	<i>Magnoliophytina (Angiospermae)</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Sub-classe	<i>Caryophyllidae</i>
Ordem	<i>Caryophyllales</i>
Família	<i>Amaranthaceae</i>
Género	<i>Atriplex</i>
Espécie	<i>Atriplex halimus</i>

2.2.2.2. Morfologia

A *Atriplex halimus* é um arbusto lenhoso ramificado, caracterizando-se pelas suas cores verde-esbranquiçadas muito claras (quase cinza) (Occidental, sem data). É classificada como um nanofanerófito, que corresponde a pequenos arbustos cujo comprimento não excede os dois metros, e as gemas de renovo encontram-se entre os 20 e 25 cm de altura (Jardim Botanico UTAD, 2024a; UTAD, 2024).

É uma planta ramificada desde a base, e o tamanho do arbusto pode atingir até 2,5 metros de altura. Os ramos mais pequenos têm um formato subanguloso. As folhas apresentam, por norma, entre 10 e 30 mm de comprimento e entre 5 e 20 mm de largura. Apresentam formatos variáveis, entre deltoides a lanceoladas, com base estreita e pecíolo curto. São cobertas por pequenas escamas (escamosas) e as pontas podem ser obtusas (arredondadas na ponta), por vezes mucronadas (ponta pequena). A inflorescência ocorre em forma de panícula compacta (o comprimento dos ramos decresce da base para o topo). As flores apresentam tom amarelado, são unissexuais, agrupadas em glomérulos. As flores masculinas apresentam entre três e cinco tépalas, e as femininas apresentam bractéolas rômbico-deltoides. O androceu apresenta cinco estames, insertos. O gineceu apresenta

ovário súpero coroado por dois estigmas filiformes (delgados e compridos como um fio), rodeado por duas bractéolas. O fruto tem formato de núcula, é sésil e está envolvido por bractéolas. As bractéolas (brácteas de segunda ordem), situadas sobre um eixo floral lateral ou inserida no pedicelo, medem entre 6 e 8 mm, são entre reniformes (forma aproximada de um rim) a suborbiculares (contorno aproximado de um círculo), inteiras (não recortadas) ou dentadas (margem recortada), obtusas a acutiúsculas (intermédio entre agudo e obtuso), com o dorso liso (sem rugosidades). A semente tem entre 0,9 e 1,1 mm de diâmetro, e tem formato orbicular (contorno em formato de círculo), ligeiramente comprida. A radícula (parte inferior do eixo do embrião que dá origem à raiz primária da planta), cresce na vertical, ou por vezes oblíqua. Apresenta um número diplóide de 18 cromossomas ($2n=18$) e um número haplóide de 9 cromossomas ($n=9$). A floração desta planta ocorre entre os meses de julho e novembro (Araújo, 2024a; Castroviejo et al., 1990; Fernandes, 2007).

Na Figura 8, em (a), (b), (c) e (d), estão representados o hábito da planta, o caule, as folhas, a flor e a flor numa perspetiva mais aproximada (e), respetivamente (Pereira, 2024c, 2024b; Porto, 2024b, 2024c; Sirovs, 2017).



Figura 8 – *Atriplex halimus*: (a) hábito da planta (Pereira, 2024c); (b) caule (Porto, 2024b); (c) folhas (Pereira, 2024b); (d) flor (Porto, 2024c); (e) flor (aproximado) (Sirovs, 2017)

2.2.2.3. Distribuição geográfica

Esta espécie cresce em terrenos incultos (orlas de sapais (sapal alto), taludes de salinas e plataformas nitrofilizadas (ricas em matéria orgânica) de arribas marítimas), preferindo solos arenosos ou argilosos e salinos, perto do litoral. Pode ser encontrada em jardins perto do litoral, utilizada para fins ornamentais (Araújo, 2024a; Fernandes, 2007; Flora-On, 2024a; Jardim Botânico UTAD, 2024a). A altitude dos terrenos onde se encontra pode variar entre 0 e 1000 metros acima do nível do mar (Castroviejo et al., 1990).

Relativamente à distribuição geográfica, esta planta está presente na Região Mediterrânea, Norte de África, Península Arábica, Somália, Etiópia e Macaronésia. É autóctone de Portugal Continental, tendo sido posteriormente introduzida pelo Homem no arquipélago da Madeira. Encontra-se desde o litoral da Estremadura até ao Algarve (particular incidência do Estuário do Sado), na Reserva Natural do Estuário do Sado e no Parque Natural do Sudoeste Alentejano e Costa Vicentina (Araújo, 2024a; Castroviejo et al., 1990; Ferreira, sem data-a; Flora-On, 2024a; Jardim Botânico UTAD, 2024a).

Segundo Castroviejo et al. (1990), a planta *Atriplex halimus* tem maior predominância nas zonas com correspondência aos códigos provinciais (pontos a azul) de

Espanha e Portugal representadas na Figura 9. A legenda dos códigos apresenta-se no Anexo I.



Figura 9 – *Atriplex halimus*: mapa de distribuição na Península Ibérica (Castroviejo et al., 1990)

Atualmente, a planta *Atriplex halimus* encontra-se predominantemente em 60 zonas/quadrículas de Portugal Continental, tal como é possível observar no mapa de distribuição representado na Figura 10. Através das respetivas coordenadas UTM de cada quadrícula, é possível observar as respetivas zonas onde a planta se encontra, as quais são: **Viana do Castelo**: Apúlia; **Aveiro**: Angeja (Albergaria-a-Velha); **Leiria**: Nazaré, Serra do Bouro (Caldas da Rainha), Peniche; **Lisboa**: Alverca do Ribatejo (Vila Franca de Xira), Castanheira do Ribatejo (Vila Franca de Xira), Cascais, Colares (Sintra), Estoril, São Pedro da Cadeira (Torres Vedras), Paço de Arcos (Oeiras); **Setúbal**: Costa da Caparica (Almada), Corroios (Seixal), Palhais (Barreiro), Montijo, Samora Correia (Benavente), Sesimbra, Marateca (Palmela), Sines, Melides (Grândola), Carvalhal (Grândola), Comporta (Grândola); **Beja**: Odemira, Zambujeira do Mar (Odemira), Vila Nova de Milfontes (Odemira); **Faro**: Aljezur, Rogil (Aljezur), Odeceixe (Aljezur), Vila do Bispo, Raposeira, Budens, Sagres, Lagos, Luz (Lagos), Odiáxere (Lagos), Mexilhoeira Grande (Portimão), Portimão, Estômbar (Lagoa), Porches (Lagoa), Albufeira, Santo Estevão, Tavira, Vila Nova de Cacela (Vila Real de Santo António), Altura (Castro Marim) (Carapeto, Clamote, Porto, et al., 2024; Conversor de Coordenadas & Deine Berge, 2024; Google Maps, 2024).

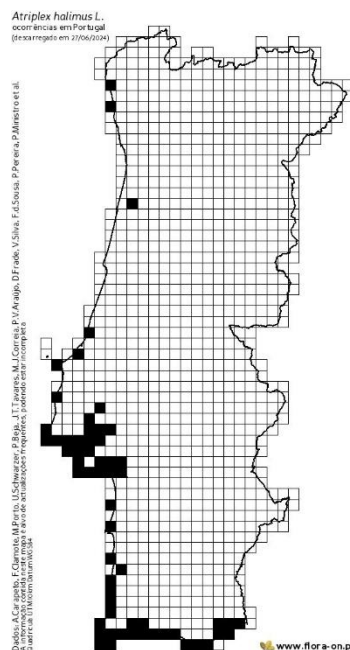


Figura 10 – *Atriplex halimus* L.: mapa de distribuição em Portugal Continental (Carapeto, Clamote, Porto, et al., 2024)

Verifica-se uma concordância entre o mapa representado na Figura 9 e o mapa da Figura 10, indicando que, ao longo de um período de 34 anos, em Portugal Continental, a planta manteve uma distribuição geográfica semelhante.

2.2.2.4. Aplicações na indústria

A *Atriplex halimus*, é uma planta comestível, antiácida e carminativa (capaz de controlar gases dos intestinos/ combater a flatulência), hipoglicemiante e ornamental (DPLP, 2023; DylluanDew, 2015; Jardim Botânico UTAD, 2024a).

Desde a década de 1960, é uma planta bastante conhecida por servir de alimento para o gado (ruminantes) (Walker et al., 2014).

São utilizadas, por norma, as folhas e as sementes, tendo várias finalidades. É bastante utilizada para a decoração de jardins, no entanto, também pode ser utilizada como ingrediente alimentar. O seu gosto salgado, conferiu-lhe o nome de salgadeira, sendo utilizada em saladas, sopas e tortilhas. Também é conhecida pela sua utilização no fabrico de sabão. As plantas que são colhidas em solos com elevado teor de matéria orgânica, não devem ser utilizadas para fim de alimentação humana, uma vez que podem conter grandes quantidades de nitratos, apresentando toxicidade (DylluanDew, 2015; Jardim Botânico UTAD, 2024a).

Na indústria farmacêutica, extratos da planta *Atriplex halimus* mostraram ter efeitos significativos no controlo da diabetes, uma vez que a mesma tem propriedade hipoglicemiante (DylluanDew, 2015; Ferreira, sem data-a; Jardim Botânico UTAD, 2024a).

2.2.2.5. Composição nutricional e mineral

A composição nutricional e mineral (base seca) da *Atriplex halimus* desidratada apresenta-se na Tabela 4. A planta apresenta um teor de humidade de 7,82% e um valor calórico de 254 kcal (1064 kJ), por 100 g de planta (Georget, 2023).

Tabela 4 – Composição nutricional e mineral da planta *Atriplex halimus*, adaptado de (Georget, 2023)

Composição nutricional (g/100g m.s.)								
Cinza		Gordura Bruta	Proteína Bruta	Fibra Dietética Total	Fibra Dietética Insolúvel	Fibra Dietética Solúvel	Hidratos de Carbono	
23,54		1,40	28,47	29,25	23,54	5,70	17,34	
Composição mineral (mg/100g m.s.)								
Sódio Na	Potássio K	Cálcio Ca	Fósforo P	Magnésio Mg	Ferro Fe	Zinco Zn	Cobre Cu	Manganês Mn
2716,21	6666,59	2467,07	387,72	235,23	5,68	0,93	2,62	6,03

2.2.3. *Inula crithmoides* (L.) Dumort.

A espécie *Inula crithmoides*, também designada por *Limbarda crithmoides*, é uma halófita autóctone, nativa na Região Mediterrânea (Portugal, Espanha, França), Norte de África, Ásia Ocidental e Ilhas Britânicas (Castroviejo et al., 2019; Flora-On, 2024c; Jardim Botânico UTAD, 2024c; USDA, 2024).

É uma planta autóctone de Portugal Continental e inexistente nos arquipélagos dos Açores e da Madeira (Flora-On, 2024c).

É possível observar desde a Beira Litoral até ao Algarve, nas margens de águas salgadas, caracterizando-se pelas suas folhas suculentas e flores amarelas (em altura de floração), sendo um arbusto fácil de identificar devido à aparência distinta dos demais nas áreas húmidas (Castroviejo et al., 2019; Herbari Virtual del Mediterrani Occidental, sem data-a; Naturdata, 2022).

2.2.3.1. Taxonomia e caracterização da espécie

A espécie *Limbarda crithmoides*, geralmente conhecida como campana-da-praia ou madorneira-bastarda, é uma planta halófita, pertencente ao género *Limbarda* e família *Asteraceae*, tendo sido descrita por “(L.) Dumort.”. É conhecida por outros nomes científicos, como: *Inula crithmoides* L.; *Inula crithmifolia* Brot.; *Jacobaea crithmoides* (L.) Merino (Jardim Botânico UTAD, 2024c).

A classificação taxonómica da espécie *Limbarda crithmoides*, encontra-se representada na Tabela 5 (Jardim Botânico UTAD, 2024c).

Tabela 5 – Classificação taxonómica da *Limbarda crithmoides*, adaptado de (Jardim Botanico UTAD, 2024c)

Classificação Taxonómica	
Divisão	<i>Spermatophyta</i>
Sub-divisão	<i>Magnoliophytina (Angiospermae)</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Sub-classe	<i>Asteridae</i>
Ordem	<i>Asterales</i>
Família	<i>Asteraceae</i>
Género	<i>Limbarda</i>
Espécie	<i>Limbarda crithmoides</i>

2.2.3.2. Morfologia

A espécie *Inula crithmoides*, é um arbusto que se caracteriza pelas suas flores amarelas e folhas suculentas verdes (Herbari Virtual del Mediterrani Occidental, sem data-a). É classificada como um caméfito, que corresponde a uma planta perene cujas gemas de renovo se encontram a menos de 25 cm da superfície do solo (Jardim Botanico UTAD, 2024c; UTAD, 2024).

É uma planta ramificada desde a base, sob a forma de subarbusto ou arbusto com múltiplos caules, glabro. Os caules, eretos ou ascendentes e ramificados desde a base, apresentam, por norma, entre 15 e 80 cm de altura, podendo chegar até aos 100 cm. As folhas, localizadas de forma abundante ao longo do caule, variam entre 5 e 45 mm de comprimento e entre 1 e 4,5 mm de largura, diminuindo gradualmente o tamanho desde a base até ao topo do caule. São carnudas, apresentam formato variável entre lineares (estreitas e compridas), linear-obovadas e linear-espauladas, as pontas podem ser tridentadas ou inteiras, e não têm pecíolo. As folhas dos pedúnculos medem entre 2 e 6 mm de comprimento e 0,3 e 0,8 mm de largura, são bracteiformes (semelhante a bráctea), apresentam formato linear-lanceoladas, agudas ou acuminadas, e apresentam-se em grande quantidade. A inflorescência, onde crescem normalmente entre uma e dez flores (máximo 35), ocorre de maneira corimbiforme (decrecem da base para o topo). As flores apresentam cor amarela, medem entre 12 e 25 mm de diâmetro (podendo atingir 32 mm) e apresentam pedúnculos que podem ter até 8 mm de tamanho. O involúcro, isto é, o conjunto de brácteas que rodeiam a planta, apresenta entre 6 e 9 mm de altura e entre 6 e 12 mm de diâmetro, com formato cilíndrico ou hemisférico. As brácteas são todas aproximadamente semelhantes, de formato linear-lanceoladas ou estreitamente triangular-lanceoladas, agudas ou acuminadas (extremidade aguda e ligeiramente curva), eretas e encostadas ao caule/ramo. As brácteas externas medem entre 3 e 6 mm de comprimento e entre 0,5 e 1 mm de largura, e as internas medem entre 4 e 7 mm de comprimento e entre 0,5 e 1 mm de largura. Cada flor apresenta entre 12 e 45 pétalas liguladas (formato de língua). A corola (conjunto de pétalas, livres ou unidas), mede entre 8 e 12 mm, podendo atingir os 15 mm. Os flósculos apresentam uma corola que mede entre 4,5 e 6 mm. Os aquénios (frutos seco, indeiscente e monospermico, onde o pericarpo não adere à semente) são geralmente pequenos e secos, contendo apenas uma semente,

medem entre 1,8 e 2,5 mm e apresentam formato aproximadamente cilíndrico, cobertos de pelos. Apresenta um número diplóide de 18 cromossomas ($2n=18$) e um número haplóide de 9 cromossomas ($n=9$). A floração desta planta ocorre entre os meses de agosto e outubro (Castroviejo et al., 2019; Fernandes, 2007; Jardim Botânico UTAD, 2024c).

Na Figura 11, em (a), (b), (c), (d) e (e), estão representados o hábito da planta, as folhas, a flor, o fruto e a bráctea, respetivamente (Porto, 2024k, 2024f, 2024d, 2024g, 2024a).



Figura 11 – *Inula crithmoides*: (a) hábito da planta (Porto, 2024k); (b) folhas (Porto, 2024f); (c) flor (Porto, 2024d); (d) fruto (Porto, 2024g); (e) bráctea (Porto, 2024a)

2.2.3.3. Distribuição geográfica

Esta espécie cresce em matos halófitos (orlas de sapais, taludes de salinas, esteiros, esporões rochosos e arribas litorais), uma vez que tem preferência por solos com elevado teor de sal (Castroviejo et al., 2019; Flora-On, 2024c). A altitude dos terrenos onde se encontra varia, por norma, entre 0 e 900 metros acima do nível do mar, podendo atingir os 1000 metros (Castroviejo et al., 2019).

Relativamente à distribuição geográfica, esta planta está presente na Região Mediterrânea (Portugal, Espanha, França), Norte de África, Ásia Ocidental e Ilhas Britânicas. É autóctone de Portugal Continental (desde a Beira Litoral até ao Algarve) e inexistente nos arquipélagos dos Açores e da Madeira (Castroviejo et al., 2019; Flora-On, 2024c; Jardim Botânico UTAD, 2024c; Naturdata, 2022; USDA, 2024).

Segundo Castroviejo et al. (2019), a planta *Inula crithmoides* tem maior predominância nas zonas com correspondência aos códigos provinciais (pontos a amarelo) da Figura 12. A legenda dos códigos encontra-se representada no Anexo I.

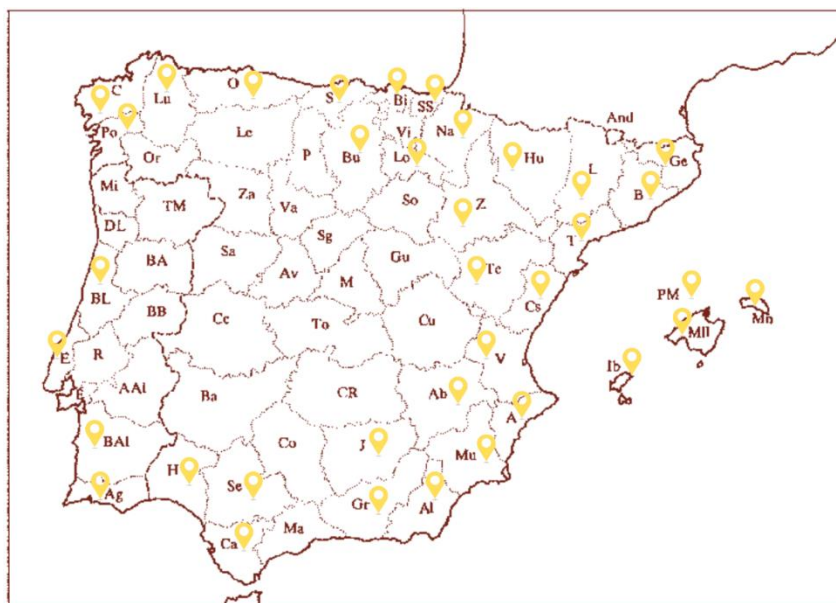


Figura 12 – *Inula crithmoides*: mapa de distribuição na Península Ibérica (Castroviejo et al., 2019)

Atualmente, a planta *Inula crithmoides* encontra-se predominantemente em 51 zonas/quadrículas de Portugal Continental, tal como se observa no mapa de distribuição apresentado na Figura 13. Através das respetivas coordenadas UTM de cada quadrícula, é possível observar as respetivas zonas onde a planta se encontra, as quais são: **Aveiro**: Angeja (Albergaria-a-Velha), Gafanha de Aquém (Ílhavo), Torreira (Murtosa); **Coimbra**: Tocha (Cantanhede), Seixo (Mira), Figueira da Foz; **Leiria**: Peniche, Atouguia da Baleia (Peniche), Lourinhã, Serra do Bouro (Caldas da Rainha), Salir do Porto (Caldas da Rainha); **Lisboa**: Cascais, Colares (Sintra), São João das Lampas (Sintra), São Pedro da Cadeira (Torres Vedras), A dos Cunhados (Torres Vedras), Corroios (Seixal), Palhais (Barreiro), Alverca do Ribatejo (Vila Franca de Xira); **Setúbal**: Montijo, Samora Correia (Benavente), Sines, Comporta (Grândola), Carvalhal (Grândola), Marateca (Palmela); **Beja**: Odemira, São Luís (Odemira); **Faro**: Vila do Bispo, Sagres (Vila do Bispo), Aljezur, Odeceixe (Aljezur), Lagos, Odiáxere (Lagos), Luz (Lagos), Portimão, Mexilhoeira Grande (Portimão), Estômbar (Lagoa), Faro, Moncarapacho (Olhão), Tavira, Vila Nova de Cacela (Vila Real de Santo António), Azinhal (Castro Marim); **Golfo de Cádiz** (Carapeto, Araújo, Clamote, Porto, Schwarzer, et al., 2024; Conversor de Coordenadas & Deine Berge, 2024; Google Maps, 2024).

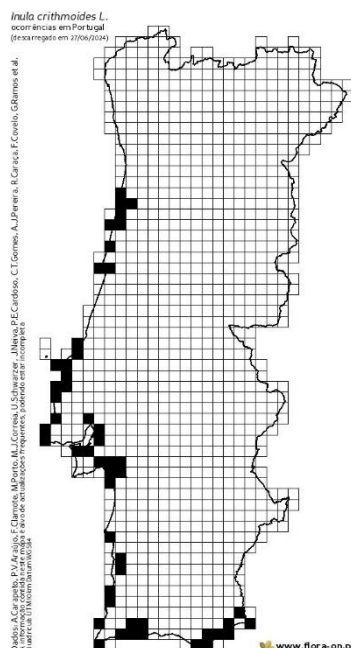


Figura 13 – *Inula crithmoides* L.: mapa de distribuição em Portugal Continental (Carapeto, Araújo, Clamote, Porto, Schwarzer, et al., 2024)

Comparando a Figura 12 e a Figura 13 verifica-se que, em cinco anos, a planta manteve a sua distribuição geográfica em Portugal Continental.

2.2.3.4. Aplicações na indústria

Segundo Cowan et al. (1963), várias plantas selvagens (inclusive a *Inula crithmoides*) fazem parte da dieta de diversas comunidades rurais e urbanas do Líbano, sendo possível encontrar as mesmas à venda em mercados.

Na indústria alimentar, a *Inula crithmoides* tem benefícios para o alimento final, uma vez que promove o melhoramento de nutrientes essenciais para o consumo humano (proteínas, minerais, fibra alimentar total, baixo teor em gordura) (Lima et al., 2021).

2.2.3.5. Composição nutricional e mineral

A composição nutricional e mineral (base seca) da *Inula crithmoides* desidratada apresenta-se na Tabela 6. Apresenta um teor de humidade de 8,94% e um valor calórico de 235 kcal (983 kJ), por 100 g de planta (Georget, 2023).

Tabela 6 – Composição nutricional e mineral da planta *Inula crithmoides*, adaptado de (Georget, 2023)

Composição nutricional (g/100g m.s.)								
Cinza		Gordura Bruta	Proteína Bruta	Fibra Dietética Total	Fibra Dietética Insolúvel	Fibra Dietética Solúvel	Hidratos de Carbono	
31,06		2,04	22,88	25,49	15,65	9,84	18,53	
Composição mineral (mg/100g m.s.)								
Sódio Na	Potássio K	Cálcio Ca	Fósforo P	Magnésio Mg	Ferro Fe	Zinco Zn	Cobre Cu	Manganês Mn
5773,12	2543,92	3101,79	333,09	511,71	7,32	0,35	1,72	3,23

2.2.4. *Corema album* (L.) D. Don

A espécie *Corema album*, geralmente conhecida como camarinha ou camarinheira, é uma planta marítima endémica, nativa de Portugal Continental, do arquipélago dos Açores e de Espanha (Castroviejo et al., 1993; Jardim Botânico UTAD, 2024b; Lima, 2021).

É possível observar desde o Minho até ao Algarve pela costa atlântica, nas areias e dunas litorais ou em locais rochosos, em subcoberto de pinhais ou orla de zimbrais, caracterizando-se pelas bagas comestíveis de cor branca espalhadas pelo arbusto (Brás de Oliveira & Dale, 2012; Carapeto, Araújo, Clamote, Porto, Beja, et al., 2024; Castroviejo et al., 1993; Flora-On, 2024b; Lima, 2021).

2.2.4.1. Taxonomia e caracterização da espécie

A espécie *Corema album*, pertence ao género *Corema* e família *Ericaceae*, tendo sido descrita por “(L.) D. Don”. Tem uma subespécie, designada por *Corema album* (L.) D. Don subsp. *Azoricum* P. Silva. É ainda conhecida por outros nomes científicos: *Corema febrifugum* Boiss. ex Willk. & Lange; *Empetrum album* L.; *Euleucum album* (L.) Rafin. (Jardim Botânico UTAD, 2024b; Lima, 2021).

A Tabela 7 descreve a classificação taxonómica da espécie *Corema album* (Jardim Botânico UTAD, 2024b; Lima, 2021).

Tabela 7 – Classificação taxonómica da *Corema album*, adaptado de (Jardim Botânico UTAD, 2024b; Lima, 2021)

Classificação Taxonómica	
Divisão	<i>Spermatophyta</i>
Sub-divisão	<i>Magnoliophytina (Angiospermae)</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Sub-classe	<i>Asteridae</i>
Ordem	<i>Ericales</i>
Família	<i>Ericaceae</i>
Género	<i>Corema</i>
Espécie	<i>Corema album</i>

2.2.4.2. Morfologia

A planta *Corema album*, é um arbusto, caracterizando-se pelas suas bagas de cor branca (Castroviejo et al., 1993; Lima, 2021). É classificada como um nanofanerófito, que corresponde a pequenos arbustos cujo comprimento não excede os 2 metros, e as gemas de renovo encontram-se entre os 20 e 25 cm de altura (Jardim Botânico UTAD, 2024b; UTAD, 2024).

É uma planta ramificada sob a forma de arbustos ramificados dióicos, isto é, com flores unissexuadas em indivíduos diferentes, masculinas e femininas. Os caules são glabros (sem pelos) e folhosos, medindo por norma entre 75 e 100 cm de altura. Os ramos mais novos têm tom acinzentado, pelos crespos e são densamente folhosos. As folhas são brilhantes e apresentam um tom verde-escuro, estão dispostas em quatro filas e variam entre 5 e 6 mm de comprimento (podendo atingir 11 mm) e 2 mm de largura. São subsésseis (quase sésseis, com pecíolo curto), semidecurrentes (folha quase sésseis cujo limbo se prolonga ao longo do caule ou ramo) com pecíolo engrossado e persistente, obtusas (pontas arredondadas) e glabras (raramente glandulosas, quando jovens), podendo ser ereto-patentes, patentes (inserem-se no caule segundo um ângulo de 90º) ou reflexas (inserem-se no caule segundo um ângulo superior a 90º). Apresentam, por norma, entre cinco e nove flores masculinas, dispostas em fascículos terminais (em feixe ou em grupo), contendo brácteas ovado-acuminadas. Tem três estames que medem cerca de 5 mm, com anteras castanho-avermelhadas. O ovário mede cerca de 1 mm, e possui um estilo que mede cerca de 2 mm. As pétalas medem cerca de 3 mm e são obovadas, fimbriadas e rosadas. O fruto, globoso, lustroso (superfície lisa e lustrosa) e de tom branco-sujo ou rosado, mede entre 5 e 8 mm de diâmetro, podendo atingir os 10 mm. Relativamente às sementes, as mesmas medem cerca de 4 mm. Apresenta um número diplóide de 26 cromossomas ($2n=26$). A floração desta planta ocorre entre os meses de março e maio (Castroviejo et al., 1993; Fernandes, 2007; Jardim Botânico UTAD, 2024b).

Na Figura 14, em a), b), c), d), e) e f), estão representados o habitat da planta, o hábito, o ramo, as folhas, a flor e o fruto, respetivamente (Chozas, 2024; Pereira, 2024d, 2024a; Porto, 2024h, 2024i, 2024e).



Figura 14 – *Corema album*: a) habitat da planta (Porto, 2024h); b) hábito (Pereira, 2024d); c) ramo (Porto, 2024i); d) folhas (Porto, 2024e); e) flor (Pereira, 2024a); f) fruto (Chozas, 2024)

(Grândola), Foros de Salvaterra (Salvaterra de Magos), Muge (Salvaterra de Magos), Zambujeira do Mar (Odemira), Vila Nova de Milfontes (Odemira), Moita; **Beja:** Vale Juncalinho (São Teotónio); **Faro:** Vila do Bispo, Sagres (Vila do Bispo), Aljezur, Rogil (Aljezur), Odeceixe (Aljezur), Barão de São João (Bordeira), Faro, Altura (Castro Marim), Sines; **Golfo de Cádiz** (Carapeto, Araújo, Clamote, Porto, Beja, et al., 2024; Conversor de Coordenadas & Deine Berge, 2024; Google Maps, 2024).

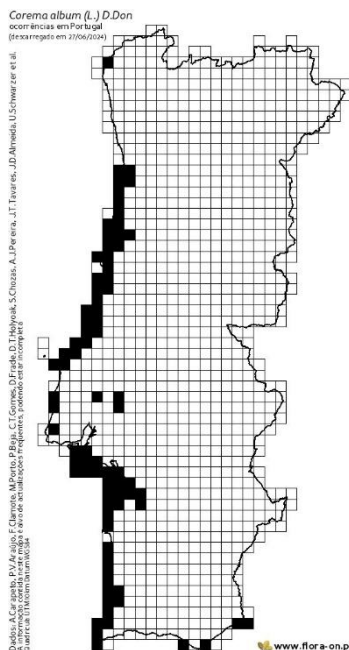


Figura 16 – *Corema album* (L.) D. Don: mapa de distribuição em Portugal Continental (Carapeto, Araújo, Clamote, Porto, Beja, et al., 2024)

Verifica-se uma concordância entre o mapa representado na Figura 15 e o mapa da Figura 16, indicando que, ao longo de um período de 31 anos, em Portugal Continental, a planta manteve a sua distribuição geográfica, mas o número de populações poderá ter sido alterado.

2.2.4.4. Aplicações na indústria

Durante a Segunda Guerra Mundial, a camarinha (fruto) foi o alimento das populações costeiras (Lima, 2021). Eram consumidas frescas e utilizadas na medicina tradicional, de modo a combater febres altas, tratar o escorbuto e vermes (Barroca & Moreira da Silva, 2021).

Nos últimos anos, pesquisas relativas aos compostos bioativos das bagas da camarinhiera, têm promovido a sua aplicação em formulações de produtos alimentares com características nutracêuticas, como geleia de camarinha e camarinha em calda (Barroca & Moreira da Silva, 2021; Simões, 2018).

Relativamente à aplicação na indústria farmacêutica, Cerquido et al. (2022), através de estudos realizados às folhas da planta *Corema album*, concluíram que as mesmas possuem características anticancerígenas contra o cancro da mama. Assim, as folhas da

camarinheira podem ser uma boa alternativa para o desenvolvimento de medicamentos anticancerígenos.

2.2.4.5. Composição nutricional e mineral

No estudo efetuado por Simões (2018), as bagas de camarinha apresentam valores de 84,79% de humidade. Relativamente à composição nutricional (em relação à matéria seca), apresentam 2,01% de cinza, 4,77% de gordura bruta, 42,68% de fibra bruta, 5,99% de proteína bruta e 44,56% de extrativos não azotados.

Segundo Guiné et al. (2017), as camarinhas apresentam um teor de água de 87,89%. Relativamente a valores em relação à matéria seca, apresentam 62,80% de açúcares totais, 41,24 % de açúcares redutores e são ricas em fibra, com um valor médio de 36,52%.

Os autores Martínez-Varea et al. (2019) referem que o teor de humidade das bagas com semente é 97,66% e o teor de proteína bruta e a fibra bruta são, respetivamente, 0,44% (base seca) e 10,43% (base seca). Na Tabela 8 apresenta-se também a sua composição mineral.

Tabela 8 – Composição mineral da бага de *Corema album* com semente, adaptado de (Martínez-Varea et al., 2019)

Composição mineral (mg/100gm.s.)						
Potássio K	Cálcio Ca	Fósforo P	Magnésio Mg	Ferro Fe	Zinco Zn	Cobre Cu
121,3	21,36	3,75	4,78	0,29	0,22	0,19

2.3. Objetivo do estudo

O principal objetivo deste estudo é valorizar plantas marítimas endógenas através da sua aplicação no desenvolvimento de produtos de panificação com propriedades nutracêuticas, promovendo alternativas mais saudáveis para a alimentação.

Para atingir este objetivo, foram definidas duas partes distintas: a caracterização das plantas marítimas, seguida do estudo do efeito da adição da halófita *Suaeda vera* desidratada e em pó como substituta do sal nas propriedades do pão.

3. Materiais e métodos

Ao longo dos seguintes subcapítulos, serão descritos devidamente os materiais e métodos de cada atividade.

3.1. Equipamentos, materiais e reagentes

Os equipamentos, materiais e reagentes utilizados serão devidamente descritos ao decorrer dos procedimentos.

3.2. Amostras de plantas marítimas

Nas atividades experimentais, foram utilizadas amostras desidratadas de plantas marítimas: *Inula crithmoides* (Figura 17 (a)), *Suaeda vera* (Figura 17 (b)), *Atriplex halinus* (Figura 17 (c)) e *Corema album*.

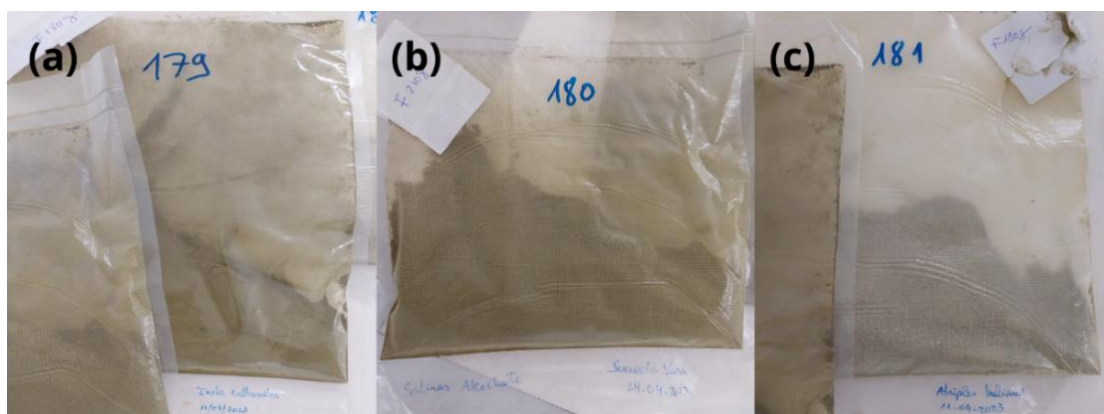


Figura 17 – Amostras das plantas halófitas: (a) 179: *Inula crithmoides*; (b) 180: *Suaeda vera*; (c) 181: *Atriplex halinus*

As halófitas utilizadas foram colhidas nas salinas de Alcochete (*Inula crithmoides* e *Atriplex halimus* (11 de abril de 2023); *Suaeda vera* (24 de abril de 2023)), desidratadas, reduzidas a pó e embaladas em sacos herméticos. As plantas desidratadas e moídas foram adquiridas à empresa Salina Greens (Alcochete).

As folhas de camarinha foram colhidas na praia da Mira, a 18 de fevereiro de 2024 e a 17 de abril de 2024 (Figura 18), secadas ao ar livre, trituradas com um robô de cozinha (Vorwerk, Bimby TM6, Alemanha) durante 5 minutos (Figura 19) e armazenadas em sacos herméticos.



Figura 18 – Recolha de ramos da planta halófito *Corema album*



Figura 19 – Folhas de camarinhiera trituradas

3.3. Atividade biológica das plantas marítimas e do pão

3.3.1. Preparação dos extratos de plantas e do pão

A quantificação biológica das amostras de plantas marítimas e do pão, envolve uma extração prévia para produzir extratos.

Folhas de *Corema album*

Para as folhas da planta da espécie *Corema album*, foram efetuados três extratos, sendo os solventes utilizados: etanol (JMGS – José Manuel Gomes dos Santos, Portugal) e uma solução de etanol e água destilada (50% v/v).

Pesaram-se 15 g de amostra (folhas de camarinhiera trituradas) em copos de vidro de 250 mL, com o auxílio de uma balança analítica (Auxilab, Nahita, Espanha) e posteriormente adicionados 300 mL de solvente (razão amostra/solvente de 1:20).

Dois copos, um com solvente etanol e outro com solvente hidro-etanólico, foram colocados nas placas de agitação (Kartell, TK22, Itália), com um magneto no interior, durante 3 horas a 25°C, tapados com folha de alumínio para evitar a passagem de luz.

O outro copo, cujo solvente era uma solução hidro-etanólica (50% v/v), foi colocado a agitar em banho de ultrassons com aquecimento (J.P. SELECTA, Precistern, Espanha), durante 3 horas a 25°C.

No final da extração, filtraram-se os extratos com papel de filtro para outros copos, colocando de seguida em tubos *falcon*. Após colocar o extrato filtrado nos tubos *falcon*, foram a centrifugar a 2500 rpm durante 10 minutos, numa centrífuga (Heraeus, Sepatech, Alemanha). Posteriormente, transferiu-se o extrato centrifugado para frascos com tampa e armazenados a 4°C.

Plantas halófitas

Para cada halófita preparou-se um extrato com um solvente hidro-etanólico (50% v/v).

Para cada planta, colocou-se 5 g de amostra em pó e desidratada e, posteriormente, adicionou-se 100 mL de solvente (1:20).

Os copos da extração de cada planta foram colocados na placa de agitação, com um magneto no interior, durante 3 horas a 25°C, tapados com folha de alumínio para evitar a

passagem de luz. As etapas posteriores foram idênticas às efetuadas para as folhas de camarinhira.

Para avaliar o efeito da filtração na qualidade do extrato, parte do extrato de *A. halimus* foi filtrado uma segunda vez com um filtro de seringa de 0,22 µm.

Amostras de pão

Para cada tipo de pão (C, 5%SV e 10%SV) preparou-se um extrato com um solvente hidro-etanólico (50% v/v).

Para cada tipo de pão, colocou-se 5 g de amostra secada a 105°C e, posteriormente, adicionou-se 100 mL de solvente (1:20).

As restantes etapas foram idênticas às efetuadas para as amostras das halófitas.

Determinação da concentração dos extratos

Para determinar a concentração de cada extrato, colocou-se 1 mL de cada extrato em tubos *ependorf* (previamente pesados), deixando de seguida na estufa (Mettler, Alemanha) durante pelo menos 2 dias a 40°C, de modo a garantir que o solvente se evapore por completo.

Na Tabela 9, apresenta-se o código e a legenda dos extratos das plantas e do pão em estudo.

Tabela 9 – Legenda dos códigos atribuídos aos extratos

Amostra	Código	Legenda
Folhas de camarinhira	CA50	Extrato de <i>C. album</i> ; solução hidro-etanólica (50% v/v); agitação magnética na placa
	CA50US	Extrato de <i>C. album</i> ; solução hidro-etanólica (50% v/v); agitação através de ultrassons
	CA100	Extrato de <i>C. album</i> ; solvente: etanol; agitação magnética na placa
Plantas halófitas	IC	Extrato de <i>I. crithmoides</i> ; solução hidro-etanólica (50% v/v); agitação magnética na placa
	SV	Extrato de <i>S. vera</i> ; solução hidro-etanólica (50% v/v); agitação magnética na placa
	AH	Extrato de <i>A. halimus</i> ; solução hidro-etanólica (50% v/v); agitação magnética na placa
	AHF	Extrato de <i>A. halimus</i> (AH) com segunda filtração (filtro de seringa de 0,22 µm).
Pão	C	Extrato do pão controlo; solução hidro-etanólica (50% v/v); agitação magnética na placa
	5%SV	Extrato do pão com adição de 5% de pó de <i>S. vera</i> ; solução hidro-etanólica (50% v/v); agitação magnética na placa
	10%SV	Extrato do pão com adição de 10% de pó de <i>S. vera</i> ; solução hidro-etanólica (50% v/v); agitação magnética na placa

3.3.2. Determinação do teor em compostos fenólicos totais

Os compostos fenólicos são um grupo diversificado de produtos químicos, que se destacam amplamente na composição dos vegetais/ plantas, e têm mais de 8000 estruturas fenólicas identificadas. Estes compostos são predominantemente representados por estruturas poliméricas ou monoméricas, e podem ser encontrados ligados (ou não) a grupos de açúcar, inseridos na matriz ou livres. O interesse por estes compostos tende a aumentar cada vez mais, devido à sua capacidade antioxidante e benefícios para a saúde humana. Têm várias aplicações na indústria alimentar, tal como a produção de aditivos alimentares (corantes e conservantes naturais). Nas plantas, os compostos fenólicos contribuem para a morfologia (pigmentação), não estando distribuídos uniformemente nas mesmas, podendo, por isso, apresentar variações de estabilidade. Esta instabilidade torna a extração uma etapa desafiante e delicada, uma vez que, a utilização de uma técnica de extração inadequada ou um único erro no procedimento, pode afetar os resultados obtidos na determinação do teor em compostos fenólicos. Assim, é importante definir o método de extração adequado (Alara et al., 2021; Bravo, 1998).

O método Folin-Ciocalteu consiste num procedimento de quantificação de fenóis totais presentes na amostra, através de uma reação oxidação-redução, onde um reagente oxidante reage com agentes redutores (antioxidantes). Os compostos fenólicos reagem com o reagente Folin-Ciocalteu (de cor característica amarela), ocorrendo de seguida uma reação oxidação-redução, tornando a amostra azul. O carbonato de sódio (Na_2CO_3) é importante nesta atividade, uma vez que ajusta o pH para 10, sendo esta uma condição básica essencial para que ocorra a reação oxidação-redução (Pérez et al., 2023).

O ácido gálico é um composto fenólico vegetal com propriedades antioxidantes, sendo considerado um dos antioxidantes naturais de maior relevância. É considerado um aditivo alimentar de elevado valor, ajudando a prevenir inúmeras doenças (Belitz et al., 2009; Verma et al., 2013). Assim, para efetuar uma curva de calibração, foi utilizado ácido gálico anidro.

Para determinar os compostos fenólicos totais presentes nas amostras de plantas (CA50, CA50US, IC, SV, AH, AHF) e de pão (C, 5%SV e 10%SV) recorreu-se ao método Folin-Ciocalteu (F-C), em triplicado.

Os reagentes utilizados nesta atividade foram: ácido gálico anidro (Honeywell, IN, EUA), carbonato de sódio (Merck, Alemanha), Folin-Ciocalteu (F-C) (VWR, PA, EUA), Etanol (JMGS – José Manuel Gomes dos Santos, Portugal) e água destilada.

Procedimento para a construção da curva de calibração

Começou-se por preparar 5 mL de uma solução stock de ácido gálico a 1 mg/mL em etanol. De seguida, preparou-se 20 mL de solução mãe de ácido gálico 0,1 mg/mL, a partir da solução stock.

Efetuaram-se sete diluições da solução de ácido gálico, em triplicado, a partir da solução mãe, ou seja, adicionou-se entre 25 μL a 500 μL da solução-mãe de ácido gálico em tubos de ensaio distintos (25, 50, 150, 250, 300, 400 e 500 μL , respetivamente), perfazendo até 1000 μL com etanol. Posteriormente, foram colocados 125 μL de cada diluição em tubos de ensaio distintos, adicionando 750 μL de água destilada e 125 μL de reagente Folin-

Ciocalteu. Após 6 minutos adicionou-se a cada tubo de ensaio 2000 µL de carbonato de sódio (Na_2CO_3 5%). De seguida, os tubos de ensaio foram colocados ao abrigo da luz durante 1 hora e, posteriormente, com o auxílio do espectrofotómetro (VWR, UV-6300PC, PA, EUA), leu-se a absorvência das soluções a 760 nm, para posterior construção da curva de calibração.

O espectrofotómetro foi ligado 30 minutos antes das leituras de absorvência para garantir a estabilidade do mesmo. Para os casos em que a absorvência lida das amostras foi superior a 1, foi necessário efetuar diluições.

Procedimento para a determinação do teor de compostos fenólicos dos extratos de plantas e de pão

O procedimento experimental foi idêntico ao descrito anteriormente, mas os 125 µL de ácido gálico foram substituídos pelo mesmo volume de amostra de extrato.

3.3.3. Determinação da atividade antioxidante

Na indústria/ciência alimentar, os antioxidantes são substâncias presentes no alimento com capacidade de proteger o organismo contra potenciais danos provocados por espécies reativas de oxigénio e de nitrogénio. Após vários estudos relativamente à importância dos antioxidantes, os mesmos têm demonstrado crescente interesse por parte da ciência, uma vez que são potenciais neutralizadores do stress oxidativo. (Karadag et al., 2009). A combinação de oxigénio com produtos químicos específicos gera radicais livres, capazes de destruir elementos celulares de extrema importância (como DNA, proteínas, membrana celular, etc.). Os antioxidantes reagem com os radicais, neutralizando-os, evitando os seus possíveis danos (Baliyan et al., 2022).

Nos alimentos, os lípidos alteram-se através da lipoxidação, originando produtos secundários que os desnaturam e destroem. Colocar o alimento numa atmosfera sem oxigénio ou utilizar antioxidantes, são formas de conservar o alimento, evitando a lipoxidação. Além dos tocoferóis, os antioxidantes naturais ou sintéticos mais importantes são os ésteres do ácido ascórbico, do ácido gálico, o tri-butilhidroxianisol e o di-tri-butilhidroxitolueno (Belitz et al., 2009).

A capacidade antioxidante é, normalmente, medida em extratos obtidos através de solventes químicos, ou seja, soluções que consistem numa mistura de água destilada e solventes (metanol, etanol, acetona, etc.). Nem todos os solventes são adequados ao tipo de amostra em estudo, sendo por isso necessário escolher o adequado para determinar a atividade antioxidante (Pérez-Jiménez et al., 2008).

O Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid) é o principal antioxidante lipídico das biomembranas, e tem alta atividade de captura de radicais. Através da captação de radicais, previne danos oxidativos nas membranas, para além de reagir com o oxigénio e eliminá-lo (Giordano et al., 2020).

O radical DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) é uma molécula estável, solúvel em metanol, caracterizando-se pela sua cor forte em tons de violeta. O método de determinação da atividade antioxidante através do radical DPPH, está associado com a neutralização do DPPH pelos antioxidantes. Um antioxidante reage com o radical livre DPPH,

transferindo-lhe um átomo de hidrogénio (DPPH-H), modificando a sua cor para uma tonalidade amarela (consequentemente diminui a sua absorvência). Esta mudança de cor indica a neutralização do DPPH (Baliyan et al., 2022; Cambrussi et al., 2019; Mfotie Njoya, 2021; Nabti et al., 2023).

Procedeu-se à determinação da atividade antioxidante das amostras de plantas (CA50, CA50US, IC, SV, AH e AHF) e de pão (C, 5%SV e 10%SV), recorrendo ao método colorimétrico utilizando o radical DPPH, em triplicado.

Os reagentes utilizados nesta atividade experimental foram: DPPH (TCI, Japão), Trolox (TCI, Japão) e Metanol (Honeywell, IN, EUA).

Começou-se por preparar uma solução de DPPH (75 μ M) em metanol, dissolvendo 0,0022 g de DPPH em 100 mL de metanol. A solução foi coberta com papel de alumínio e, de seguida, foi lida a absorvência da solução com o auxílio do espectrofotómetro (VWR, UV-6300PC, PA, EUA), a 515 nm.

Leu-se a absorvência do metanol em triplicado (2000 μ L em cada tubo de ensaio), com o auxílio de um espectrofotómetro (VWR, UV-6300PC, PA, EUA), a 515 nm.

Foram preparados 5 tubos de ensaio onde, em cada um deles, se colocaram 1000 μ L de DPPH e 1000 μ L de metanol, lendo de seguida a absorvência com o auxílio de um espectrofotómetro (VWR, UV-6300PC, PA, EUA), a 515 nm.

Procedimento para a construção da curva de calibração

De seguida, preparou-se uma solução-stock de Trolox em metanol, a 0,1 mg/mL. De modo a obter a solução-mãe, procedeu-se a uma diluição da solução inicial, colocando 10 mL da solução-stock de Trolox e 10 mL de metanol. Cobriu-se a solução com papel de alumínio e, de seguida, procedeu-se a oito diluições: foram colocados entre 0,039 e 5 mL da solução-mãe de Trolox em tubos de ensaio distintos (0,039; 0,078; 0,1565; 0,3125; 0,625; 1,25; 2,5 e 5 mL respetivamente), perfazendo até 5 mL com metanol. Em outros tubos de ensaio (24 tubos), foram colocados 1000 μ L de DPPH em cada um, adicionando de seguida 1000 μ L da respetiva diluição de Trolox. Posteriormente, leu-se a absorvência com o auxílio de um espectrofotómetro (VWR, UV-6300PC, PA, EUA), a 515 nm.

Procedimento para a determinação da atividade antioxidante dos extratos de plantas e de pão

Para os extratos, começou-se por efetuar 5 diluições em série com metanol para cada um deles. Posteriormente e em triplicado para cada diluição, a 1000 μ L de extrato diluído, adicionou-se 1000 μ L de DPPH. Após colocar os tubos 30 minutos ao escuro, procedeu-se à leitura da absorvência, com o auxílio de um espectrofotómetro (VWR, UV-6300PC, PA, EUA), a 515 nm.

3.4. Determinação dos açúcares redutores das plantas e do pão através do método

DNSA

Os açúcares redutores são hidratos de carbono que possuem um grupo carbonilo livre, capazes de reduzir sais de cobre e prata em soluções alcalinas, isto é, capazes de oxidar

na presença de agentes oxidantes. (Demiate et al., 2002; A. A. dos Santos et al., 2017). A glicose e a frutose são dois dos açúcares redutores mais importantes na indústria alimentar, uma vez que fazem parte dos processos fermentativos (A. A. dos Santos et al., 2017)

O método DNSA (ácido dinitrossalicílico), inicialmente empregue para medir açúcares no sangue e na urina, baseia-se na determinação da presença do grupo carbonilo livre dos açúcares redutores. Ao adicionar DNSA (ácido 3,5-dinitrossalicílico) (de cor amarela), o mesmo oxida o grupo funcional cetónico e aldeído da frutose e da glicose, transformando-se em ácido 3-amino-5-nitrossalicílico (cor laranja-avermelhada) (Jain et al., 2020; A. A. dos Santos et al., 2017).

Procedeu-se à determinação dos açúcares redutores das amostras de plantas (CA50, CA100, IC, SV e AH) e de pão (C, 5%SV e 10%SV), recorrendo ao método DNSA.

Os reagentes utilizados nesta atividade experimental foram: glucose (Fisher Scientific, NH, EUA), DNSA e água destilada.

Para a preparação do reagente DNSA, dissolveram-se, à temperatura ambiente, 5 g de ácido 3,5-dinitrossalicílico em 100 mL de NaOH 2N e 250 mL de água destilada. Posteriormente, juntaram-se 150 g de tartarato duplo de sódio e potássio, perfazendo até 500 mL com água desmineralizada. De modo a facilitar a dissolução dos componentes, submeteu-se a solução a ligeiro aquecimento.

Procedimento para a construção da curva de calibração

Preparou-se 100 mL de uma solução padrão de glicose a 12 mM, colocando 0,22 g de glicose e perfazendo até aos 100 mL com água destilada. Após preparar a solução, procedeu-se a oito diluições da mesma, em duplicado: colocou-se entre 0,4 e 10 mL da solução padrão de glicose (0,4; 0,8; 1,7; 3,3; 5; 6,7; 8,3 e 10 mL, respetivamente) aferindo até 10 mL com água destilada, em 16 tubos de ensaio distintos. De seguida, retirou-se de cada tubo de ensaio 0,3 mL de amostra diluída para outros tubos distintos, adicionando de seguida a cada um deles 0,3 mL do reagente DNSA. Os tubos foram colocados em água a ferver durante 5 minutos, a aproximadamente 100°C. Findo este tempo, e após os tubos arrefecerem, adicionou-se 3 mL de água destilada fria em cada um deles. De seguida leu-se a absorvência no espectrofotómetro VWR, UV-6300PC, PA, EUA, a 540 nm.

Procedimento para a determinação dos açúcares redutores dos extratos de plantas e de pão

Para os extratos, começou-se por efetuar cinco diluições dos mesmos, em duplicado: colocou-se entre 0,01 e 0,3 mL de extrato (0,01; 0,03; 0,07; 0,15 e 0,3, respetivamente) aferindo até 0,3 mL com água destilada. De seguida, adicionou-se a cada tubo 0,3 mL do reagente DNSA. Os tubos foram colocados em água a ferver durante 5 minutos, a aproximadamente 100°C. Posteriormente, após os tubos arrefecerem, adicionou-se 3 mL de água destilada fria em cada um deles. De seguida leu-se a absorvência com o auxílio de um espectrofotómetro VWR, UV-6300PC, PA, EUA, a 540 nm.

3.5. Formulação de novas receitas de pão com adição de halófitas

O objetivo principal deste trabalho foi o desenvolvimento de produtos de panificação, usando o pó de halófitas (*S. vera*, *I. crithmoides*, *A. halimus*) como substitutos do sal e avaliação da sua adição no perfil nutricional, mineral, microbiológico e sensorial do pão.

3.5.1. Otimização da receita

Numa fase inicial, foram produzidos pães com diferentes formulações de modo a obter um pão com adição de planta que corresponda às necessidades e expectativas do consumidor. Nestas preparações das formulações do pão recorreu-se ao trabalho de Barroca et al. (2023) e de Georget (2023), de modo a garantir um teor de sal inferior ao teor máximo permitido e com melhores atributos sensoriais.

3.5.1.1. Primeiro teste

Numa primeira fase de produção, começou-se por testar a formulação do pão base (controlo) sem adição de pó de planta, recorrendo à receita publicada por Barroca et al. (2023), cujos ingredientes se apresentam na Tabela 10.

Os ingredientes foram amassados numa batedeira (Kenwood, Chef XL Titanium KVL8300S, Inglaterra) durante 6 minutos na velocidade 2.

Tabela 10 – Ingredientes e respetivas quantidades da receita do pão, adaptado de (Barroca et al., 2023)

Ingrediente	Quantidade
Farinha T65 (g)	500
Água (mL)	300
Fermento (levedura seca hidrolisada) (g)	3,5
Sal (g)	6
Açúcar (g)	5,5

De seguida, para verificar qual o método de fermentação mais eficaz, dividiu-se a massa em duas metades (404,8 g cada).

Metade 1

A primeira metade levedou durante 30 minutos a temperatura ambiente. Posteriormente, foi dividida em formato de 2 bolas (aproximadamente 200 g cada), que ficaram 30 minutos a “repousar” no tabuleiro antes de ir ao forno.

Metade 2

A segunda metade, para além de levedar 30 minutos a temperatura ambiente, levedou posteriormente no frio (5°C) durante 16 horas. Após levedar, cada metade foi dividida em formato de 2 bolas (aproximadamente 200 g cada), que ficaram 30 minutos a “repousar” no tabuleiro antes de ir ao forno.

Posterior à etapa de fermentação, as bolas foram cozidas no forno (Hotpoint, FA2 841 JH IX HA, Europa, Américas e Rússia), durante 10 minutos a 250°C. Após cozidos, deixou-se os pães arrefecer durante 30 minutos a 1 hora.

Verificou-se que o pão que levedou no frio (5°C) durante 16 horas (Figura 20) (metade 2), fica com melhor textura comparativamente ao pão que apenas levedou a temperatura ambiente (metade 1). Assim, optou-se pela fermentação em duas fases: primeira à temperatura ambiente durante 30 minutos, seguida de uma segunda fermentação a 5°C durante 16 horas.



Figura 20 – Pão obtido no primeiro teste

3.5.1.2. Segundo teste

Após definir a receita e o processo para produzir o pão controlo, procedeu-se à formulação de pão com substituição de sal pelo pó das plantas desidratadas, como indicado na Tabela 11 (pão com adição de *I. crithmoides* (PI), pão com adição de *S. vera* (PS), pão com adição de *A. halimus* (PA)). Para uma quantidade de farinha de 250 g adicionou-se 3 g de sal comum.

Para substituir o sal comum pelo pó de cada planta desidratada, converteu-se o teor de sódio das plantas em equivalentes de cloreto de sódio, a partir resultados de Georget (2023), que indicam o teor de sódio por 100 g de planta seca. As quantidades necessárias de pó para substituir o sal comum foram: 20,4 g de *I. crithmoides*, 25,4 de *S. vera* e 43,3 g de *A. halimus*.

Tabela 11 – Ingredientes e respetivas quantidades das receitas dos pães com adição de plantas halófitas, adaptado de (Barroca et al., 2023; Georget, 2023)

Ingrediente	Quantidade		
	PI	PS	PA
Farinha (g)	250	250	250
Água (mL)	150	150	150
Fermento (g)	1,75	1,75	1,75
Açúcar (g)	2,75	2,75	2,75
Pó de planta desidratada (g)	20,4	25,4	43,3

Para cada tipo de pão, colocaram-se os ingredientes a amassar, com o auxílio de uma batedeira (Kenwood, Chef XL Titanium KVL8300S, Inglaterra), durante 6 minutos na

velocidade 2. As três massas obtidas levedaram durante 30 minutos à temperatura ambiente e, posteriormente, levedaram no frio (5°C) durante 16 horas. Após levedar, cada uma das massas foi dividida em formato de 2 bolas, com aproximadamente 200 g cada: *A. halimus*: Figura 21 a); *S. vera*: Figura 21 b); *I. crithmoides*: Figura 21 c).

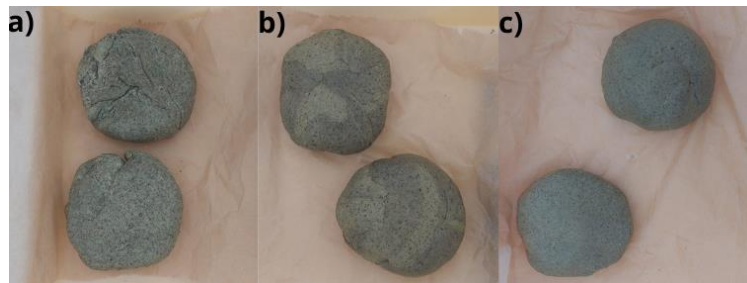


Figura 21 – Bolas dos pães com adição de plantas halófitas antes de cozer: a) *Atriplex halimus*; b) *Suaeda vera*; c) *Inula crithmoides*

Após as bolas “repousarem” 30 minutos no tabuleiro, foram cozidas no forno (Hotpoint, FA2 841 JH IX HA, Europa, Américas e Rússia), durante 10 minutos a 250°C. Após cozidos, os pães foram deixados a arrefecer durante aproximadamente 30 minutos.

Na Figura 22 encontram-se representados os pães após serem cozidos: a) pão com adição de *A. halimus*; b) pão com adição de *S. vera*; c) pão com adição de *I. crithmoides*.



Figura 22 – Pães após cozimento, com adição de plantas halófitas: a) *Atriplex halimus*; b) *Suaeda vera*; c) *Inula crithmoides*

Após o arrefecimento dos pães, estes foram sujeitos a degustação (quatro provadores), para perceber o impacto da adição das plantas ao nível sensorial. Concluiu-se que apenas o pão com adição de *S. vera* seria viável para analisar e explorar mais detalhadamente, uma vez que a nível sensorial era o único que apresentava características agradáveis.

Decidiu-se efetuar um terceiro teste, onde se reduziu para metade a quantidade de planta adicionada. Verificou-se ainda que seria melhor reduzir o tamanho das bolas para metade, de modo que a cozedura do pão fosse mais homogénea em todas as partes do pão.

3.5.1.3. Terceiro teste

Após ter sido verificado que a formulação do pão com adição de *S. vera* era a mais viável, procedeu-se a nova formulação com metade da quantidade de planta adicionada, ou seja, com a adição de 12,7 g de pó de planta desidratada, para 250 g de farinha, em vez de 25,4 g. O procedimento para a preparação da massa e da fermentação (dupla fermentação) foi semelhante ao descrito anteriormente.

Após levedar, a massa foi dividida em 4 bolas de aproximadamente 100 g cada, tal como representado na Figura 23.



Figura 23 – Bolas dos pães com adição de 5% de *Suaeda vera* antes de cozer

Após as bolas “repousarem” 30 minutos no tabuleiro, colocaram-se as mesmas a cozer no forno (Hotpoint, FA2 841 JH IX HA, Europa, Américas e Rússia), durante 10 minutos a 250°C. Após cozidos (Figura 24), os pães ficaram a arrefecer durante 30 minutos a 1 hora.

Após provar, verificou-se que a formulação do pão com adição reduzida de *S. vera* (metade da quantidade) também era viável, procedendo assim à definição da formulação final.



Figura 24 – Pão com adição de 5% de *Suaeda vera*

3.5.1.4. Formulação final

Após todos os testes realizados, concluiu-se que, para além do pão controlo (C), também os pães com adição de pó de *S. vera* desidratada, equivalente a um teor de cloreto de sódio (NaCl) de 0,63% e 0,28% também se revelaram viáveis a nível sensorial. A substituição de 0,63% e 0,28% de sal comum corresponde, respetivamente, à adição de 10% e 5% de pó de planta desidratada (relativamente à quantidade de farinha). A Tabela 12 apresenta a legenda e os respetivos códigos atribuídos a cada formulação de pão.

Para cada uma das três formulações (C, 10%SV, 5%SV) prepararam-se pães com os ingredientes e quantidades que constam na Tabela 13.

Tabela 12 – Legenda dos códigos atribuídos a cada formulação de pão

Código	Legenda
C	Pão controlo (com adição de 1,2% de sal comum relativamente à quantidade de farinha), sem pó de planta
10%SV	Pão com adição de pó de <i>Suaeda vera</i> desidratada (10,16% relativamente à quantidade de farinha)
5%SV	Pão com adição de pó de <i>Suaeda vera</i> desidratada (5,08% relativamente à quantidade de farinha)

Tabela 13 – Ingredientes e respectivas quantidades da formulação final dos pães, adaptado de (Barroca et al., 2023; Georget, 2023)

Ingredientes	Quantidade		
	C	5%SV	10%SV
Farinha (g)	250	250	250
Água (mL)	150	150	150
Fermento (g)	1,75	1,75	1,75
Açúcar (g)	2,75	2,75	2,75
Sal (g)	3	-	-
Pó de planta desidratada (g)	-	12,7	25,4

Os ingredientes foram misturados, amassados e fermentados (dupla fermentação) como descrito anteriormente e, após levedar, a massa foi dividida em quatro bolas de aproximadamente 100 g cada. A Figura 25 e a Figura 26 apresentam, respetivamente, a côdea e o miolo dos três tipos de pão cozidos.



Figura 25 – Pão após cozimento, de cima para baixo, por linha: C, 5%SV, 10%SV

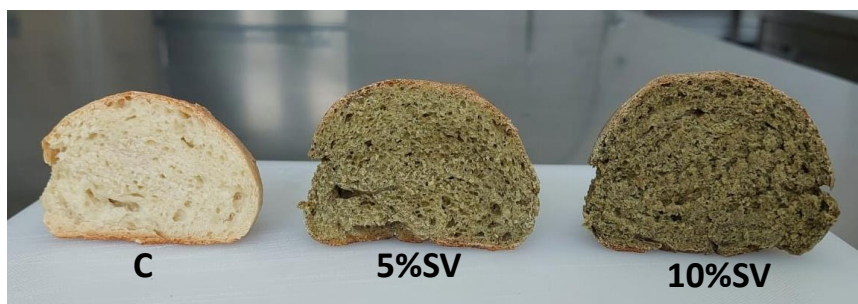


Figura 26 – Miolo do pão após cozimento

3.5.2. Fluxograma de produção

Na Figura 27 está representado o fluxograma de produção de pão para as três formulações finais (C, 5%SV, 10%SV).

3.5.2.1. Descrição das etapas

1. Receção dos ingredientes, mais especificamente a farinha T65, o fermento biológico seco, o açúcar, o sal (pão “C”) e, no caso dos pães “5%SV” e “10%SV”, o pó da planta *S. vera* desidratada.

2. Armazenamento dos ingredientes (farinha T65, fermento biológico seco, açúcar, sal, pó de *S. vera*). São armazenados à temperatura ambiente, num local seco, isento de luz.

3. Pesagem dos ingredientes a utilizar de acordo com cada formulação. No caso dos ingredientes comuns às três formulações, as quantidades colocadas relativamente à quantidade de farinha são: 60% de água, 0,7% de fermento e 1,1% de açúcar. As quantidades de sal/planta a colocar são 1,2% de sal para o pão “C”, 5,08% de pó de *S. vera* para o pão “5%SV” e 10,16% de pó de *S. vera* para o pão “10%SV”, com base na farinha.

4. Mistura dos ingredientes secos e líquidos (farinha T65, água, fermento biológico seco, açúcar, sal/planta).

5. Amassadura dos ingredientes durante 6 minutos na velocidade 2, recorrendo a uma batedeira (Kenwood, Chef XL Titanium KVL8300S, Inglaterra).

6. Fermentação a temperatura ambiente, durante 30 minutos, da massa previamente amassada.

7. Fermentação a frio a 5°C, durante 16 horas, da massa previamente fermentada a temperatura ambiente.

8. Modelagem da massa, dividindo a mesma em bolas com aproximadamente 100 g cada. Após modelar, colocam-se num tabuleiro de ir ao forno, previamente forrado com papel vegetal.

9. Estabilização das bolas no tabuleiro. As bolas, previamente modeladas, ficam durante 30 minutos e a temperatura ambiente a estabilizar/levedar no tabuleiro antes da cozedura.

10. Cozedura das bolas previamente modeladas e estabilizadas, durante 10 minutos a 240°C, seguidos de 5 minutos a 200°C. Esta etapa é de extrema importância para a qualidade final do pão, influenciando a textura, cor e sabor do mesmo.

11. Arrefecimento natural a temperatura ambiente, durante 1 hora.

12. Expedição do pão, pronto para consumo humano (pão branco, pão com adição de 5% planta e pão com adição de 10% de planta). O pão não necessita de rotulagem nem de embalagem, uma vez que se trata de um produto para ser consumido no próprio dia.

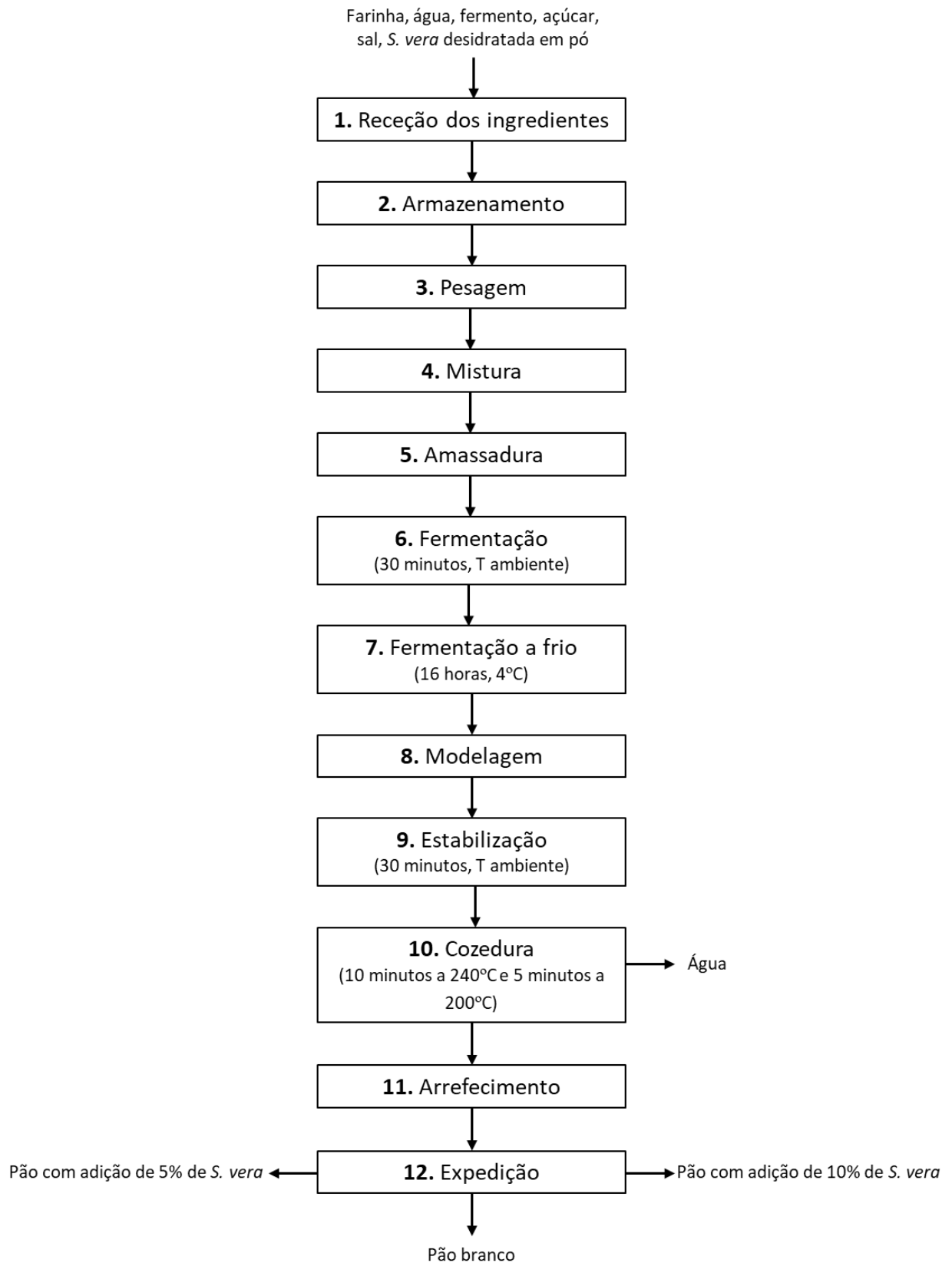


Figura 27 – Fluxograma de produção de pão respetivo às diferentes formulações

3.6. Estudo do pão com substituição do sal pela planta *Suaeda vera*

Para determinar a composição nutricional e mineral dos três tipos de pão desenvolvidos, recorreu-se ao método de Weende, desenvolvido por Stohmann e Henneberg entre 1860 e 1864, na estação experimental de Weende, localizada na Alemanha (Genro & Orqis, 2008).

Na Figura 28, está representado o esquema de Weende. Através deste método de análise ao alimento, é possível determinar a humidade, cinza, proteína bruta, fibra bruta, gordura bruta, hidratos de carbono e minerais (macro e micro), bem como outros parâmetros, de forma sequencial e metódica (Soto, 2021).

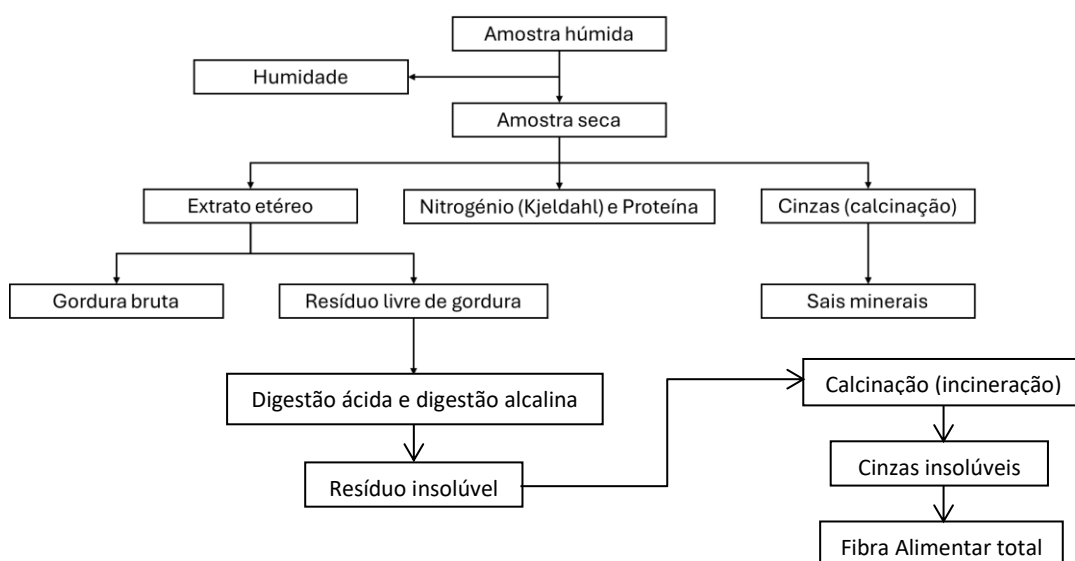


Figura 28 – Esquema de Weende, adaptado de (Juan Agustin Cuadra Soto, 2021)

Para a realização das análises aos pães, cada amostra, com o auxílio de uma estufa (Memmert, Alemanha), foi secada a 65°C e posteriormente a 105°C. Após secadas, e com o auxílio de um robô de cozinha (Vorwerk, Bimby TM5, Alemanha), trituraram-se as amostras (previamente secadas a 105°C) obtendo uma farinha homogénea, como é possível observar na Figura 29, correspondendo “a)” à amostra C, “b)” à amostra 5%SV, e “c)” à amostra 10%SV.

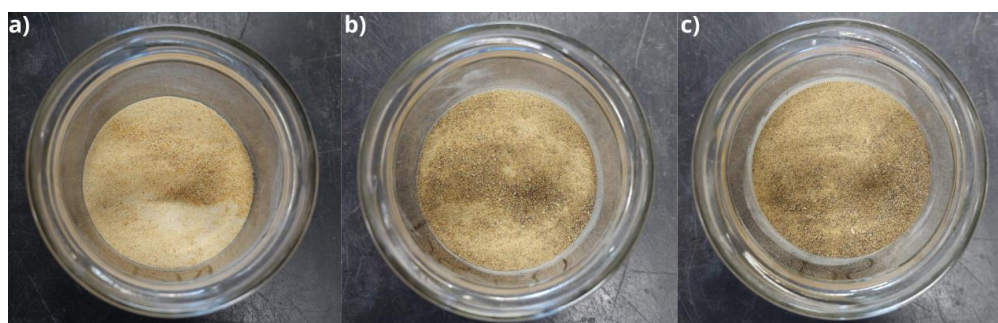


Figura 29 – Amostras de pão secadas e trituradas: a) Amostra C; b) Amostra 5%SV; c) Amostra 10%SV

A metodologia de cada uma das análises apresentadas na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**, está descrita detalhadamente no Anexo II.

3.6.1. Análise do perfil de textura

A Análise do Perfil de Textura (TPA) de cada um dos pães foi realizada com o auxílio de um texturómetro TA.XT Express Enhanced (Stable Micro Systems, Surrey, Reino Unido), equipado com diferentes tipos de sonda, de acordo com a análise a efetuar. O pão foi avaliado 1 hora após a cozedura, utilizado inteiro (sem qualquer tipo de corte).

Recorreu-se a três tipos de sonda: sonda cilíndrica de 38 mm de diâmetro, “Round End” e “Bread V Squeeze Rig”, representadas na Figura 30. Para cada tipo de sonda e para cada um dos diferentes tipos de pão, efetuou-se a análise em triplicado.



Figura 30 – Sondas utilizadas na análise do perfil de textura do pão

A sonda “Round End” tem o formato semelhante à ponta de um dedo, com formato cilíndrico e ponta arredondada.

A sonda “Bread V Squeeze Rig” permite testar a maciez e a elasticidade dos pães, dando uma alusão a nível de frescura dos mesmos, imitando o processo de apertar o pão entre o polegar e os restantes dedos, dado o seu formato em “V”. Neste tipo de teste, quanto menor a força e maior o valor de elasticidade, mais fresco é o pão (Texture Analysis Professionals, 2014).

Serão avaliadas as propriedades texturais dos pães através da análise dos parâmetros dureza, elasticidade, coesividade e resiliência.

3.6.2. Teste colorímetro

A cor de cada um dos pães foi medida através do teste colorímetro, recorrendo à utilização de um colorímetro (Chroma Meter – CR-400, Konica Minolta, Japão). As leituras da cor foram efetuadas em amostras de pão fresco (1 hora após a cozedura), em duas partes distintas do pão (miolo e côdea), em triplicado. Os resultados obtidos foram lidos de acordo com o sistema $L^*a^*b^*$.

A diferença total de cor (TCD), o índice de brancura (WI) para o miolo e o índice de escurecimento (BI) da crosta e a cromaticidade (C^*) foram determinados de acordo com a expressão constante em Pires et al. (2021), Djordjević et al. (2019) e Barroca et al. (2023).

3.6.3. Atividade da água

A atividade da água (a_w), que varia entre 0 e 1, corresponde à água livre presente no alimento para que ocorram reações químicas, promovendo o crescimento microbiano. Quanto mais próximo de 1, mais a quantidade de água disponível no alimento (Sandulachi, 2012). Consoante a a_w , os alimentos são classificados em três grupos distintos, mais especificamente alimentos de baixa humidade (a_w até 0,60), alimentos com humidade intermediária (a_w entre 0,60 e 0,90) e alimentos com alta humidade (a_w acima de 0,90) (Ribeiro & Seravalli, 2007).

A atividade da água foi determinada recorrendo a um medidor de atividade de água (Rotronic, Hygrolab C1, Suíça). O aparelho foi ligado com 1 hora de antecedência antes das leituras, de modo a estabilizar.

Colocou-se um bocado de pão fresco na câmara de medição e aguardou-se aproximadamente 1 hora, de modo que o aparelho estabilize o valor a ser lido. Efetuou-se este processo para cada um dos diferentes tipos de pão.

3.6.4. Volume específico

O volume específico foi determinado através do método do deslocamento de sementes de alpiste, em triplicado. Esta medição foi efetuada a partir de pão fresco (1 hora após cozedura), cuja massa do mesmo foi previamente registada.

Inicialmente, registou-se a massa de um copo vazio, cujo volume equivale a 1 L. De seguida, encheu-se esse mesmo copo com sementes de alpiste e registou-se o valor da massa. Inseriu-se o pão (cuja massa foi previamente registada) no copo, de modo que o mesmo fique submerso pelas sementes de alpiste. As sementes deslocadas pelo pão devem ser recolhidas para um recipiente, de modo a conseguir registar a massa das mesmas. O volume ocupado pelas sementes deslocadas equivale ao volume ocupado pelo pão.

O volume específico é calculado através da divisão do volume do pão (previamente calculado) pela massa do pão (inicialmente registada). O resultado é expresso em cm^3/g (Barroca et al., 2023).

3.6.5. Perda total de água durante a cozedura

A perda total de água durante a cozedura refere-se à perda de massa durante a cozedura.

Para determinar a perda total de água durante a cozedura, registou-se o valor da massa das bolas antes e depois de cozer, e usou-se a seguinte equação (Barroca et al., 2023):

$$\text{Perda total de água durante a cozedura (\%)} = \frac{\text{Massa antes de cozer (g)} - \text{Massa depois de cozer (g)}}{\text{Massa antes de cozer (g)}} \times 100$$

3.6.6. Análises microbiológicas

De acordo com o INSDRJ (2019), as análises microbiológicas representam “(...) uma das ferramentas adotadas na gestão da qualidade e segurança alimentar (...)”, cujos resultados obtidos permitem “(...) avaliar a segurança de um lote de um género alimentício, o cumprimento das boas práticas de higiene e fabrico, a aceitabilidade de processos, a adequação da utilização de um género alimentício/matéria-prima para um determinado fim e o prazo de vida útil/data limite de utilização”.

As amostras de pão (C, 5%SV e 10%SV) foram preparadas através de esmagamento e mistura em água peptonada. Subamostras foram diluídas decimalmente, e alíquotas de 0,1 mL foram espalhadas em placas contendo diferentes meios de cultura: ágar nutriente (NA), ágar MacConkey (MCA), ágar Chapman (CA) e ágar dextrose Sabourand (DAS) para a contagem de bactérias aeróbicas viáveis, coliformes, *Staphylococcus sp.* (estafilococos), e fungos, respetivamente. As placas NA, MCA e CA foram incubadas a 37°C durante 24-48 horas, enquanto as placas de DAS foram incubadas à temperatura ambiente durante 3 dias. Após incubação, as colónias foram contadas e os resultados expressos em unidades formadoras de colónias por grama (ufc/g) de amostra. A avaliação foi realizada 2 horas e 24 horas após a cozedura dos pães. Durante o tempo de armazenamento, as amostras de pão foram mantidas em sacos de plástico com fecho hermético à temperatura ambiente.

3.6.7. Atividade biológica

A atividade biológica do pão foi determinada da mesma forma que a atividade biológica das plantas.

Deste modo, os procedimentos estão descritos em “3.3. Atividade biológica das plantas marítimas e do pão”.

3.6.8. Análise sensorial

A análise sensorial aos pães foi realizada por provadores não treinados, com o objetivo de avaliar a aceitação do consumidor final relativamente às formulações de pão com adição da planta halófita *S. vera*, com a finalidade de substituir o sal comum. A prova decorreu nas instalações da Escola Superior Agrária de Coimbra (ESAC).

Para a realização da prova foram confeccionados três tipos de pão (C, 5%SV, 10%SV), os quais têm a formulação detalhada em “3.5.1.4. Formulação final”. O pão foi avaliado quatro horas após ser confeccionado.

Inicialmente foi entregue uma folha a cada provador com diversas questões, de forma a avaliarem diferentes características dos pães, tal como representado no Anexo III.

No documento consta uma breve explicação do produto a ser avaliado, bem como um consentimento de participação e de utilização dos dados. Os provadores menores de idade encontravam-se acompanhados pelo parente responsável. Agregado à explicação constante no documento, foi sempre efetuada uma explicação prévia, de modo a efetuar um esclarecimento relativamente à natureza do produto e de todos os seus ingredientes.

Relativamente às questões efetuadas aos provadores, as mesmas consistiam em atribuição de números consoante uma escala hedónica de 1 a 9, a qual estava devidamente

explícita no documento entregue, onde 1 correspondia a “extremamente desagradável” e 9 a “extremamente agradável”. Foram avaliados desta forma os parâmetros correspondentes à cor, aroma, textura, sabor e avaliação global do produto.

Avaliou-se ainda a percepção do consumidor relativamente ao sal, isto é, o sabor salgado do produto, de modo a perceber o efeito da substituição do sal comum pela halófita *Suaeda vera*. De modo a perceber se o consumidor compraria ou não o produto, caso fosse para mercado, o documento continha uma questão relativa à intenção de compra.

Tendo em conta a crescente preocupação com a saúde e os hábitos alimentares, optou-se por colocar uma questão relativa a esse assunto, onde se referia uma das vantagens associadas à substituição do sal comum pela planta, e se por esse mesmo motivo recomendariam o produto a amigos ou familiares.

As amostras foram codificadas com números de três algarismos, mais especificamente os números 435, 921 e 279 que correspondiam às amostras C, 5%SV e 10%SV, respetivamente. A prova sensorial consistiu na distribuição de um tabuleiro a cada participante, no qual os pães foram colocados num prato devidamente identificado, juntamente com um copo de água, um guardanapo, uma folha de prova e uma caneta, tal como representado na Figura 31.

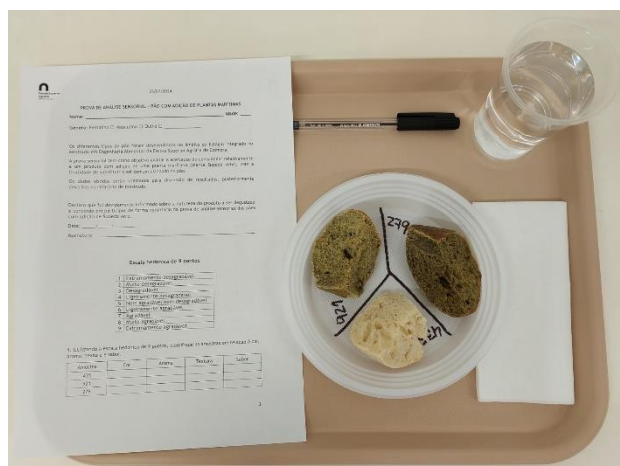


Figura 31 – Tabuleiro distribuído aos provadores na prova sensorial

Todos os dados obtidos foram analisados detalhadamente no Excel, de modo a obter dados concretos relativos à avaliação e aceitação do produto.

3.6.9. Análise estatística

As análises efetuadas para o estudo do pão com adição de *S. vera*, variaram entre análises em duplicado ou em triplicado.

Para efetuar a análise de possíveis diferenças estatísticas, utilizou-se o software de análise estatística SPSS versão 29.0 (desenvolvido pela IBM), para um nível de significância de 5%. Recorreu-se ao teste de estatística One-Way ANOVA, complementado com o teste post-hoc Tukey para verificar as diferenças entre as amostras de pão, relativamente aos parâmetros: humidade, composição nutricional, composição mineral, textura, cor, perda

total durante a cozedura e volume específico, compostos fenólicos totais, açúcares redutores, análise sensorial. Em caso de não se aplicar a ANOVA, recorreu-se ao teste Kruskal-Wallis, complementado com o teste post-hoc Tukey para verificar as diferenças.

Dado à quantidade reduzida de dados (provenientes da quantidade de amostra reduzida), existem resultados que não apresentam diferenças estatísticas. No entanto, caso existissem mais valores em análise, poder-se-iam verificar diferenças estatísticas.

4. Resultados e discussão

Nos seguintes subcapítulos apresentam-se os resultados de todas as análises efetuadas, bem como a discussão dos mesmos.

4.1. Atividade biológica plantas marítimas

4.1.1. Caracterização dos extratos das plantas

A Tabela 14 apresenta a caracterização dos extratos de IC (*I. crithmoides*, solução hidro-etanólica (50% v/v), com agitação magnética na placa), SV (*S. vera*, solução hidro-etanólica (50% v/v), com agitação magnética na placa), AH (*A. halimus*, solução hidro-etanólica (50% v/v), com agitação magnética na placa), AHF (*A. halimus* com 2ª filtração), CA50 (*C. album*, solução hidro-etanólica (50% v/v), com agitação magnética na placa), CA50US (*C. album*, solução hidro-etanólica (50% v/v), com agitação através de ultrassons) e CA100 (*C. album*, solvente etanol, com agitação magnética na placa).

Tabela 14 – Caracterização dos extratos das plantas marítimas (massa/volume)

Extrato	Concentração (mg extrato seco/ mL extrato)
IC	24,0
SV	14,5
AH	20,5
AHF	19,5
CA50	12,5
CA50US	11,5
CA100	8,5

O extrato IC, correspondente à planta *I. crithmoides*, apresenta o valor mais alto de concentração, indicando um melhor rendimento comparativamente às restantes. Os extratos AH e AHF correspondem à mesma planta, *A. halimus*, mas o extrato AHF teve uma segunda filtração com filtro de seringa 0,25 µm. Esta segunda filtração pode justificar a ligeira diminuição do teor de compostos fenólicos no extrato AHF, quando comparado com o AH. O extrato SV corresponde à planta *S. vera*, apresentando um valor de 14,5 mg de extrato seco/ mL de extrato. Os extratos CA50, CA50US e CA100, correspondem todos à planta *C. album*. Comparando os extratos CA50 e CA50US verifica-se que, embora pouco significativo, a concentração dos extratos obtidos com agitação magnética é ligeiramente superior à concentração do extrato obtido com ultrassons. Por outro lado, verifica-se que a extração com o solvente hidro-etanólico (CA50) conduz a uma maior concentração de extrato do que o obtido com etanol (CA100). Os resultados obtidos indicam que o método mais eficiente de extração para as folhas de camarinha corresponde ao uso do solvente hidro-etanólico (50% v/v), com agitação magnética.

4.1.2. Compostos fenólicos totais

A partir da curva de calibração do ácido gálico e da concentração dos extratos determinou-se o teor de compostos fenólicos (Figura 32), expresso em miligramas de equivalentes de ácido gálico por 100 g de extrato seco (mg EAG/100 g extrato seco).

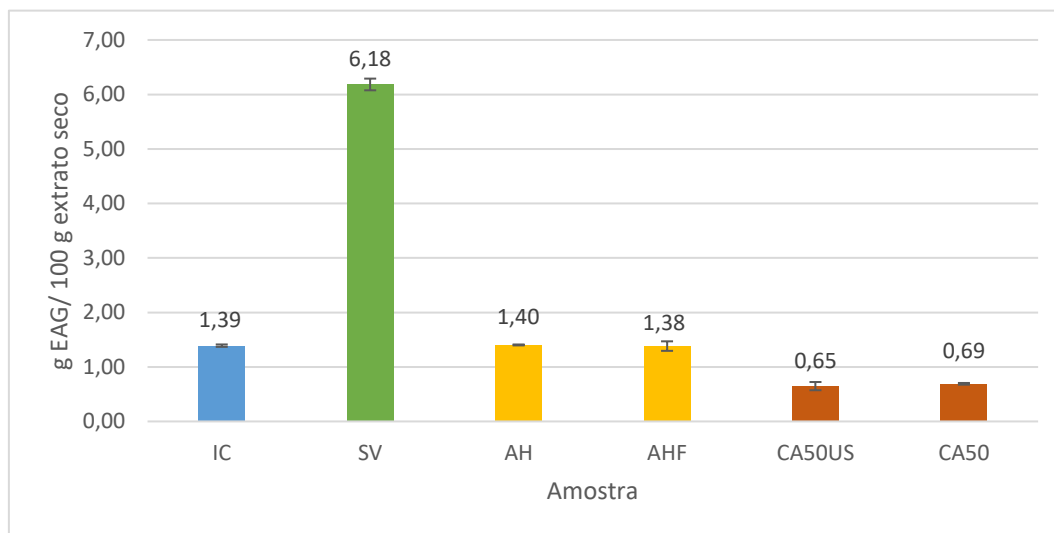


Figura 32 – Teor em compostos fenólicos presentes nos extratos das plantas (IC, SV, AH, AHF, CA50US, CA50)

O extrato SV apresenta o valor mais alto de compostos fenólicos, superior comparativamente ao valor obtido por Mohamed et al. (2024), correspondente a $15,96 \pm 0,095$ mg EAG/ g.

Os extratos IC, AH e AHF, apresentam valores semelhantes. O valor obtido do teor em compostos fenólicos para a amostra IC, é semelhante aos valores obtidos por Lima et al. (2021), correspondentes a 1,65 e 1,05 g EAG/ 100 g peso seco, para níveis de salinidade de 35 e 110 mmol/L, respetivamente. Relativamente aos extratos AH e AHF, os valores obtidos do teor em compostos fenólicos são idênticos ao valor obtido por Benhammou et al. (2009) nas folhas, correspondente a $1,01 \pm 0,22$ g EAG/ 100 g peso seco, diferindo um pouco do valor obtido nos caules ($0,38 \pm 0,01$ g EAG/ 100 g peso seco).

Andrade et al. (2017) determinou o teor de compostos fenólicos presente em diferentes partes da planta *C. album*, entre elas dois tipos de polpa provenientes do fruto e de dois tipos de semente. Para os extratos obtidos a partir do solvente hidro-etanólico, obtiveram valores de 1,53 g EAG/ 100 g para a polpa de camarinha branca, 1,34 g EAG/ 100 g para a polpa de camarinha rosa/translúcida, 0,46 g EAG/ 100 g para as sementes de camarinha branca e 0,55 g EAG/ 100 g para as sementes de camarinha rosa/translúcida. Marques et al. (2021) determinou o teor de compostos fenólicos presentes na polpa, sementes e óleo das sementes do fruto da *C. album*, obtendo valores correspondentes a $0,99 \pm 0,01$ g EAG/ 100 g de extrato para a polpa, $4,10 \pm 0,05$ g EAG/ 100 g de extrato para as sementes e $1,76 \pm 0,21$ g EAG/ 100 g de extrato para a o óleo das sementes. Os extratos CA50US e CA50, referentes às folhas da planta *C. album*, apresentam valores semelhantes, sendo ligeiramente maior para o extrato agitado na placa, podendo concluir-se que o método de agitação não tem influência no teor de compostos fenólicos do extrato, uma vez que o solvente utilizado é o mesmo. Comparativamente aos valores obtidos por Andrade

et al. (2017), verifica-se que os valores correspondentes ao teor de compostos fenólicos das folhas (CA50 e CA50US) são inferiores aos valores de teor de compostos fenólicos presentes nas polpas e superiores aos valores presentes nas sementes. Comparativamente aos valores obtidos por Marques et al. (2021), verifica-se que os valores correspondentes ao teor de compostos fenólicos das folhas (CA50 e CA50US) são inferiores aos valores de teor de compostos fenólicos presentes na polpa, no óleo e nas sementes.

Pode concluir-se que, o teor de compostos fenólicos é dependente da parte da planta em estudo. No entanto, também se verificam diferenças entre valores correspondentes à mesma parte da planta, o que pode estar relacionado às condições do solo onde a mesma cresceu, à altura do ano em que foi colhida, o método de extração utilizado, o solvente utilizado, as condições de extração, entre outros.

4.1.3. Atividade antioxidante

Os resultados obtidos relativamente à atividade antioxidante de cada extrato, são relativos ao valor de IC_{50} (Figura 33) que corresponde à concentração necessária de extrato seco de planta para inibir em 50% a atividade dos radicais livres do DPPH (Swinney, 2011).

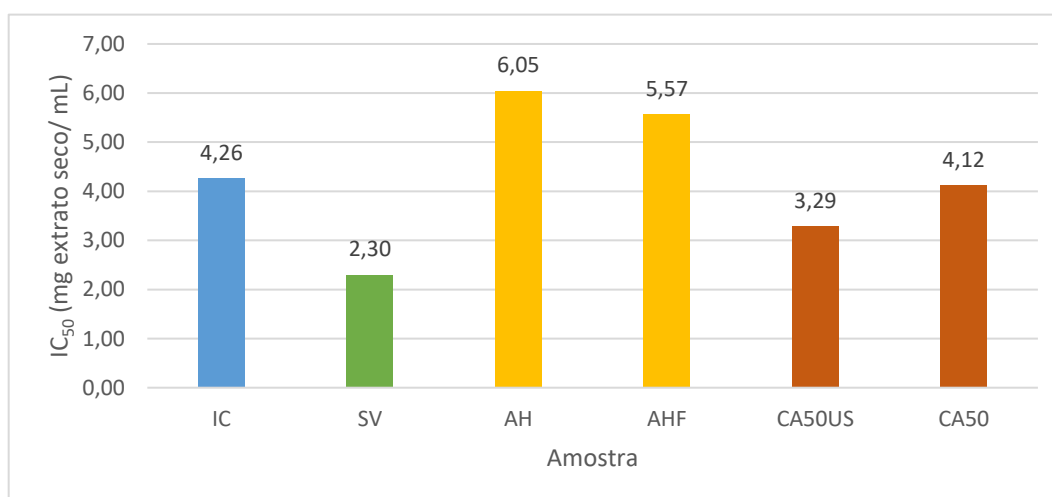


Figura 33 – Concentração (IC_{50}) dos extratos das plantas (IC, SV, AH, AHF, CA50US, CA50)

O extrato SV, que têm o maior teor de compostos fenólicos, apresenta maior a capacidade antioxidante (menor valor IC_{50}) dos diferentes extratos. Esta observação pode indicar que os principais compostos bioativos da planta *S. vera* são compostos fenólicos.

Nos restantes extratos não se observa uma relação direta entre a atividade antioxidante e o teor de compostos fenólicos, o que pode indicar a predominância de outros compostos bioativos das plantas em estudo, para além dos compostos fenólicos, com capacidades antioxidantes muito diversas. Outro fator que pode influenciar a capacidade antioxidante é a presença de substâncias pró-oxidantes (como ferro ou cobre) nos extratos das plantas, com capacidade de oxidar moléculas-alvo e, consequentemente, de formar radicais livres (Cerqueira et al., 2007; Videla et al., 2003). No entanto, a planta *S. vera* apresenta uma maior quantidade de ferro em comparação com as demais, sendo que a sua maior capacidade antioxidante pode estar associada à presença de outros compostos

antioxidantes específicos, capazes de reduzir parcialmente os potenciais efeitos pró-oxidantes do ferro.

No entanto, a amostra SV, apresenta um valor de IC_{50} muito superior ao obtido por Mohamed et al. (2024), que corresponde a $51,3 \pm 0,17 \mu\text{g}/\text{mL}$. Assim, pode concluir-se que a amostra de *S. vera* analisada por Mohamed et al. (2024) tinha uma capacidade antioxidante muito superior à amostra de *S. vera* analisada neste estudo, podendo estar associado a diversos fatores, como utilização de solventes e métodos de extração distintos, colheita em locais distintos e em alturas do ano distintas e utilização de partes distintas da planta. Comparativamente às restantes plantas analisadas, a SV é a que tem maior capacidade antioxidante.

As amostras AH e AHF foram as que apresentaram valores de IC_{50} maior, indicando menor capacidade antioxidante comparativamente às restantes plantas, uma vez que um valor de IC_{50} mais elevado corresponde à necessidade de mais extrato seco para conseguir inibir a mesma quantidade de radicais DPPH. No estudo efetuado por Benhammou et al. (2009) para a mesma planta, foram analisados extratos de folhas e caules (utilizando o metanol como solvente), obtendo valores de IC_{50} de 31,83 e 20,58 mg/mL, respetivamente. Os valores de IC_{50} obtidos neste estudo são muito superiores, indicando uma menor capacidade antioxidante nas amostras de *A. halimus* analisadas, podendo esta diferença estar associada a diversos fatores como a utilização de solventes e métodos de extração distintos, colheita em locais distintos (com características do solo distintas) e em alturas do ano distintas.

A amostra IC apresenta um valor aproximado aos valores de IC_{50} obtidos por Lima et al. (2021) para diferentes níveis de salinidade, correspondentes a $5,04 \pm 0,43$; $3,89 \pm 0,37$; $3,96 \pm 0,29$; $3,88 \pm 0,13$; $3,59 \pm 0,27$ e $3,40 \pm 0,48 \text{ mg/mL}$ de extrato (para níveis de salinidade de 35, 110, 200, 275, 350 e 465, respetivamente).

Os valores de IC_{50} obtidos para as amostras CA50 e CA50US, são superiores aos obtidos por Marques et al. (2021), correspondentes a $3,1 \pm 0,2 \text{ mg}/\text{mL}$ para a polpa do fruto da camarinheira e a $0,15 \pm 0,04 \text{ mg}/\text{mL}$ para as sementes do fruto. No entanto, são inferiores comparativamente ao valor obtido para o óleo das sementes, correspondente a $>5 \text{ mg}/\text{mL}$. Por outro lado, verifica-se que, entre a amostra CA50 e CA50US existe uma ligeira diferença, sendo que CA50 apresenta um valor de IC_{50} maior, o que representa uma menor capacidade antioxidante para o extrato obtido através da agitação por placa, comparativamente ao extrato obtido através da agitação por banho de ultrassons.

4.2. Açúcares redutores das plantas

A partir da curva de calibração da glicose, concentração (mg Glicose/mL) em função da absorvência e da concentração dos extratos, determinou-se o teor de açúcares redutores de cada amostra (Figura 34), em equivalentes de glicose (g EG/ 100 g de extrato seco).

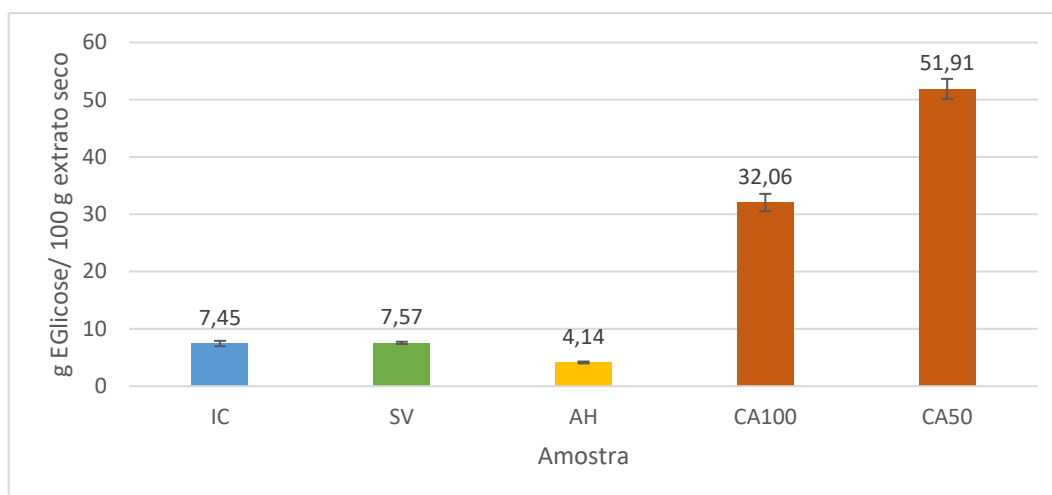


Figura 34 – Teor açúcares redutores dos extratos das plantas (IC, SV, AH, CA100, CA50)

As amostras CA100 e CA50, relativas aos extratos de *C. album*, são as que apresentam valores de açúcares redutores mais elevadas, que se assemelham ao valor obtido por Guiné et al. (2017) referente ao fruto da *C. album*, correspondente a 41,24%. Pode concluir-se, comparando a amostra CA100 e CA50, que o solvente mais eficaz para extrair os açúcares redutores da planta é o solvente água:etanol, uma vez que o valor obtido foi maior (CA50).

Murillo et al. (1987) determinou os açúcares redutores de folhas e ramos da planta *S. vera*, colhidos em zonas distintas de Espanha (areia (Villamanrique de la Condesa) e pantano (Parque Nacional de Doñana)), obtendo valores de 40,5 mg/ g para folhas colhidas em pantano, 40,0 mg/ g para folhas colhidas em areia, 31,3 mg/ g para ramos colhidos em pantano e 32,7 mg/ g para ramos colhidos em areia, com base em matéria seca. O valor obtido na amostra SV (75,7 mg/ g extrato seco) é superior aos valores determinados por Murillo et al. (1987), podendo estar ligado ao mês e ano de colheita, ao local da colheita (características do solo), bem como a parte da planta a analisar. A amostra IC (74,5 mg/ g extrato seco) apresenta valores semelhantes à amostra SV, podendo estar relacionado ao local de crescimento das plantas e ao facto de ambas serem halófitas. Embora a amostra AH (41,4 mg/ g extrato seco) apresente valores inferiores às amostras IC e SV, apresenta valores semelhantes aos obtidos por Murillo et al. (1987) referentes à *S. vera*. Assim, pode concluir-se que os valores obtidos na amostra AH, se enquadram em valores previamente obtidos noutros estudos, também eles relativos a halófitas.

4.3. Estudo do pão com substituição do sal pela planta *Suaeda vera*

Os resultados obtidos do estudo do pão com substituição do sal pela planta *S. vera* são relativos à composição nutricional, composição mineral, perfil de textura, cor, atividade da água, volume específico, perda total de água durante a cozedura, análises microbiológicas, atividade biológica do pão e análise sensorial.

4.3.1. Humidade

O teor de água de cada tipo de pão apresenta-se na Tabela 15 e o valor é cerca de 38%.

Tabela 15 – Teor de humidade (g/ 100 g m.b.) das amostras de pão C, 5%SV e 10%SV

	C	5%SV	10%SV
Humidade (g/ 100 g m.b.)	38,19 ± 0,09 ^{a,b}	38,83 ± 0,05 ^a	38,06 ± 0,02 ^b

Letras minúsculas diferentes correspondem a diferenças significativas (p-value<0,05) entre as amostras de pão.

No entanto, as amostras 5%SV e 10%SV apresentam diferenças significativas, mostrando que, a maior adição de planta conduz a um menor teor de água no pão. Este comportamento também foi observado por Figueira et al. (2011), relativo à produção de pão sem glúten enriquecido a adição de microalga *Spirulina platensis* (2%, 3%, 4% e 5%).

No entanto, no estudo de Barroca et al. (2023), a maior adição de pó de *Sarcocornia perennis* no pão conduziu a um aumento significativo de teor de água de humidade de 34,75 g/ 100 g para o pão com adição de sal equivalente a 0,235 % de sódio relativamente à farinha, para 36,19 g/ 100 g com adição de sal equivalente a 0,47 % de sódio relativamente à farinha. Os resultados obtidos por Maietti et al. (2021) para o pão enriquecido com folhas de urtiga (*Urtica dioica*), mostraram que houve um aumento do teor de humidade do pão controlo (26,85 ± 2,67 g/ 100 g) para o pão enriquecido (28,46 ± 2,46 g/ 100 g), tal como aconteceu com os valores obtidos por Barroca et al. (2023). As diferenças de comportamento podem estar relacionadas com a composição físico-química das diferentes plantas estudadas.

4.3.2. Composição nutricional

A composição nutricional dos três tipos de pão (C, 5%SV e 10%SV) encontra-se na Tabela 16, com os resultados expressos em matéria seca (m.s.). De forma geral e comparando com o pão controlo (C), a adição da planta *S. vera* promoveu um aumento em todos os componentes nutricionais dos pães 5%SV e 10%SV, com a exceção da gordura e dos hidratos de carbono. O valor energético (expresso em matéria bruta) do pão C, 5%SV e 10%SV é, respetivamente, 236 kcal/100 g (986 kJ/100 g), 231 kcal/100 g (968 kJ/100 g) e 230 kcal/ 100 g (963 kJ/ 100 g).

Tabela 16 – Composição nutricional (m.s.) das amostras de pão C, 5%SV e 10%SV

Componente (g/ 100 g m.s.)	C	5%SV	10%SV
Cinzas	1,85 ± 0,11 ^{a,b}	1,49 ± 0,03 ^b	2,37 ± 0,08 ^a
Gordura bruta	0,35 ± 0,14 ^a	0,28 ± 0,08 ^a	0,54 ± 0,17 ^a
Fibra Alimentar Total	6,71 ± 0,01 ^b	8,8 ± 0,04 ^{a,b}	10,88 ± 0,03 ^a
Fibra Alimentar Insolúvel	5,66 ± 0,14 ^b	6,66 ± 0,08 ^{a,b}	6,90 ± 0,07 ^a
Fibra Alimentar Solúvel	1,05 ± 0,13 ^b	2,14 ± 0,12 ^{a,b}	3,98 ± 0,04 ^a
Proteína	10,11 ± 0,11 ^b	10,53 ± 0,11 ^{a,b}	13,23 ± 0,12 ^a
Hidratos de Carbono	81,01 ± 0,28	78,96 ± 0,03	73,00 ± 0,48

Letras minúsculas diferentes correspondem a diferenças significativas (p-value<0,05) entre as amostras de pão.

A adição de *S. vera* promove o aumento do teor de cinzas, devido ao teor de minerais presentes na planta, tal como se verifica com a adição de *Sarcocornia perennis* (Barroca et al. (2023)), *Spirulina platensis* (Figueira et al. (2011)) e *Urtica dioica* (Maietti et al. (2021)).

No que diz respeito ao teor de gordura dos pães relativamente à matéria seca, verifica-se que os valores são baixos para os três tipos de pão e não se observaram diferenças significativas.

Relativamente à fibra alimentar total, fibra alimentar insolúvel e fibra alimentar solúvel, verifica-se um aumento gradual à medida que se adiciona mais quantidade de planta, comparativamente ao pão controlo (C). Para os três tipos de fibra (total, solúvel e insolúvel), verificam-se apenas diferenças significativas entre as amostras C e 10%SV. A adição de 5% e 10% de *S. vera* conduz a um aumento gradual de fibra alimentar total e fibra alimentar solúvel. Devido ao maior teor de fibra da planta *S. vera*, quando comparado com a *S. perennis*, o pão com adição de *S. vera* tem uma quantidade de fibra (total, solúvel e insolúvel) superior ao pão com adição de *S. perennis* desenvolvido por Barroca et al. (2023), mas também se verifica um aumento gradual à medida que se adiciona mais quantidade de *S. perennis*. O aumento do teor de fibra à medida que se adiciona *S. vera* está interligado com os valores de fibra presentes na planta (Georget (2023)). Segundo o Regulamento (CE) n. o 1924/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 20 de Dezembro de 2006, um alimento pode ser considerado como rico em fibra caso contenha 6 g de fibra por 100 g de alimento fresco (matéria bruta), o que se verifica no caso do pão 10%SV ($6,74 \pm 0,02$ g fibra /100 g pão fresco). Os restantes pães, C ($4,15 \pm 0,01$ g fibra /100 g pão fresco) e 5%SV ($5,38 \pm 0,03$ g fibra /100 g pão fresco) são considerados como fonte de fibra, uma vez que têm pelo menos 3 g de fibra por 100 g de pão fresco. No entanto, o pão 5%SV tem um teor em fibra próximo do valor para ser considerado rico em fibras.

No que diz respeito ao teor de proteína, verifica-se um aumento deste componente com o aumento da adição de pó de *S. vera*, tal como observado por Barroca et al. (2023) e Figueira et al. (2011) com a adição de *Sarcocornia perennis* e *Spirulina platensis*, respetivamente. Segundo o Regulamento (CE) n. o 1924/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 20 de Dezembro de 2006, um alimento pode ser considerado como fonte de proteínas quando, pelo menos, 12% do valor energético do alimento for proveniente das proteínas. No caso da amostra 10%SV, aproximadamente 14% do valor energético relativo à matéria bruta é proveniente das proteínas (o pão 10%SV apresenta um valor de proteína correspondente a $8,19 \pm 0,07$ g/ 100 g m.b. e um valor calórico de 230 kcal/ 100 g m.b.), pelo que pode ser considerado como uma fonte de proteína.

Os hidratos de carbono diminuem à medida que se adiciona planta, resultante do aumento dos outros nutrientes.

O valor calórico (energia) do pão, também diminui à medida que se adiciona planta, verificando-se uma diminuição significativa na amostra 10%SV comparativamente à amostra C. Também nos dados obtidos por Barroca et al. (2023) , o valor calórico do alimento vai diminuindo à medida que se adiciona mais quantidade de planta.

Assim, conclui-se que a planta *S. vera* contribui para a melhoria dos valores da composição nutricional, para além de ser um substituto do sal comum.

4.3.2.1. Açúcares redutores

Na Figura 35 observam-se os resultados obtidos, expressos em gramas de equivalentes de glicose (EG) por 100 g de extrato seco, para as três amostras de pão analisadas (C, 5%SV, 10%SV).

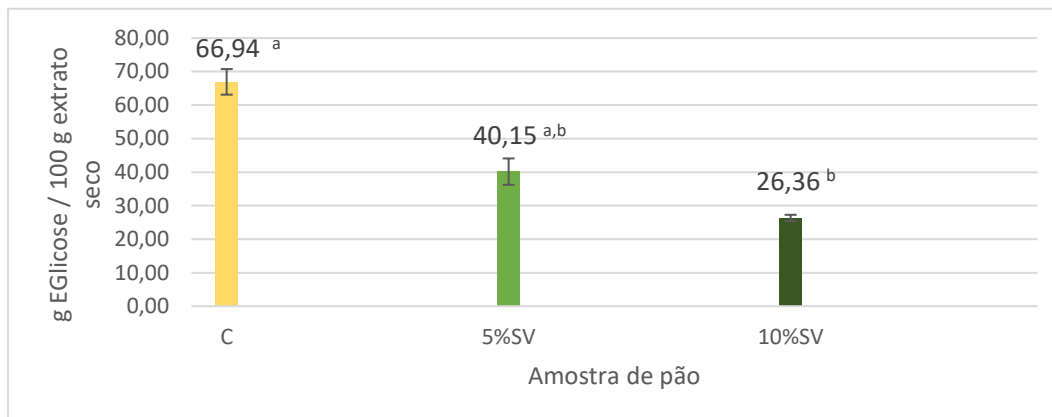


Figura 35 – Açúcares redutores presentes nos pães: concentração de g equivalentes de glicose por mL de extrato (C, 5%SV, 10%SV). Letras minúsculas diferentes correspondem a diferenças significativas (p -value<0,05) entre as amostras de pão.

Tal como se observa na Figura 35, à medida que é adicionada planta nos pães, a quantidade de açúcares redutores diminui gradualmente, existindo diferenças significativas entre C e 10%SV. Os valores obtidos correspondem a $66,94 \pm 3,82$ g EGlicose/ 100 g extrato seco para C, a $40,15 \pm 3,94$ g EGlicose/ 100 g extrato seco para 5%SV, e a $26,36 \pm 0,91$ g EGlicose/ 100 g extrato seco para 10%SV. Os açúcares redutores são uma parte dos açúcares totais presentes no alimento, isto é, parte dos hidratos de carbono. Tal como verificado anteriormente, à medida que se adiciona mais quantidade de planta, os hidratos de carbono diminuem, devido à melhoria de outros componentes nutricionais. Assim, a diminuição dos açúcares redutores no pão com a adição de planta vai ao encontro à diminuição dos hidratos de carbono, e consequente melhoria das características nutricionais do pão.

4.3.3. Composição mineral

O teor de cinzas (expresso em matéria seca) do pão C, 5%SV e 10%SV é, respetivamente, $1,85 \pm 0,11$ g/100 g, $1,49 \pm 0,03$ g/100 g e $2,37 \pm 0,08$ g/ 100 g.

A composição mineral (expressa em matéria seca, (m.s.)) dos três tipos de pão (C, 5%SV e 10%SV) encontra-se na Tabela 17. De forma geral e comparando com o pão controlo (C), a adição da planta *S. vera* promoveu um aumento em todos os componentes minerais (macro e micronutrientes) dos pães 5%SV e 10%SV, à exceção do cobre e do sódio. O cobre mantém-se idêntico em todas as amostras de pão e o sódio diminui gradualmente (maior valor para C, seguido de 10%SV e, por fim, 5%SV).

Tabela 17 – Composição mineral (m.s.) das amostras de pão C, 5%SV e 10%SV

Mineral (mg/100 g m.s.)	C	5%SV	10%SV
Sódio (Na)	613,40 ± 11,01 * ^a	185,88 ± 13,52 ^c	409,13 ± 0,24 ^b
Potássio (K)	202,16 ± 16,67 ^a	209,19 ± 10,01 ^a	309,89 ± 19,78 ^a
Fósforo (P)	68,47 ± 1,44 ^b	82,47 ± 0,24 ^{a,b}	95,11 ± 0,34 ^a
Cálcio (Ca)	44,05 ± 6,12 ^b	59,90 ± 11,32 ^a	60,11 ± 6,66 ^a
Magnésio (Mg)	18,69 ± 0,69 ^b	31,58 ± 4,25 ^{a,b}	34,95 ± 4,42 ^a
Ferro (Fe)	1,53 ± 0,06 ^b	1,97 ± 0,6 ^{a,b}	2,47 ± 0,41 ^a
Zinco (Zn)	0,88 ± 0,06 ^b	1,01 ± 0,05 ^{a,b}	1,09 ± 0,09 ^a
Manganês (Mn)	0,78 ± 0,03 ^b	0,91 ± 0,04 ^{a,b}	0,99 ± 0,01 ^a
Cobre (Cu)	0,38 ± 0,1 ^a	0,32 ± 0,06 ^a	0,38 ± 0,06 ^a

Letras minúsculas diferentes correspondem a diferenças significativas (p-value<0,05) entre as amostras de pão.

* Valor retirado de (Barroca et al., 2023)

Os pães 5%SV e 10%SV foram formulados de forma a substituir o sal comum incorporado no pão C pela planta *S. vera*. Ao converter os valores de sódio para valores referentes ao sal (através da expressão constante no Regulamento (UE) n° 1169/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho), no que diz respeito a valores de matéria bruta, o pão C apresenta 0,94 g/ 100 g, o pão 5%SV apresenta 0,28 ± 0,02 g/ 100 g, e o pão 10%SV apresenta 0,63 ± 0,00 g/ 100 g. Neste caso, verifica-se que nenhum dos pães ultrapassa o valor máximo permitido de sal adicionado (1,4 g / 100 g de pão, segundo a Lei n.º 75/2009) e que o pão 5%SV permite uma redução de 0,66 g/ 100 g (70,21%) comparativamente ao pão controlo. Existem diferenças significativas entre todas as amostras, no que diz respeito ao parâmetro sódio.

Regra geral, os restantes macro e micronutrientes, aumentam gradualmente com a adição de pó da planta. A incorporação da planta fez com que existissem diferenças significativas entre as amostras C e 10%SV, especificamente nos minerais fósforo, cálcio, magnésio, ferro, zinco e manganês, devido ao aumento dos mesmos na amostra 10%SV. Também nos dados obtidos por Barroca et al. (2023) (incorporação de *Sarcocornia perennis*) e por Maietti et al. (2021) (incorporação de *Urtica dioica*) é possível observar que a incorporação das plantas conduz a um aumento generalizado do teor de minerais.

Assim, pode-se concluir que a planta *S. vera* contribui para a melhoria dos valores da composição mineral, para além de ser um substituto do sal comum. Pode-se considerar ainda que os pães C, 5%SV e 10%SV têm quantidades significativas de cobre e manganês, uma vez que representam valores superiores a 15% da dose diária recomendada (2000 mg de potássio, 800 mg de cálcio, 375 mg de magnésio, 700 mg de fósforo, 14 mg de ferro, 1 mg de cobre, 10 mg de zinco, 2 mg de manganês), de acordo com o Regulamento (UE) n° 1169/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho.

4.3.4. Textura

A textura é uma das características que influencia a qualidade e a aceitação do pão (Barroca et al., 2023). A Figuras 36 a 39 apresentam os valores de dureza, elasticidade,

coesividade e resiliência, respetivamente, dos diferentes tipos de pão (C, 5%SV e 10%SV), para as diferentes sondas utilizadas (“Round End”, sonda cilíndrica 38mm e “Bread V Squeeze Rig”).

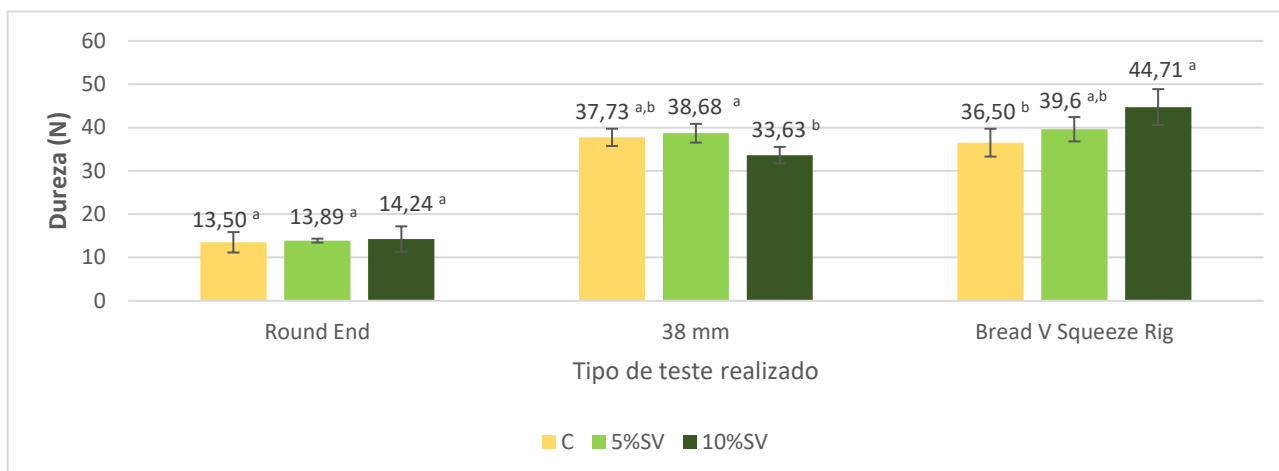


Figura 36 – Dureza das amostras de pão C, 5%SV e 10%SV para as diferentes sondas utilizadas (“Round End”, sonda cilíndrica 38mm e “Bread V Squeeze Rig”). Letras minúsculas diferentes correspondem a diferenças significativas (p-value<0,05) entre as amostras de pão.

A dureza dos pães difere consoante o tipo de sonda utilizada. Relativamente ao teste efetuado com a sonda “Round End”, os resultados foram mais baixos comparativamente às outras sondas, apresentando valores considerados significativamente iguais para as três amostras de pão. Com a utilização da sonda cilíndrica com diâmetro de 38 mm, os valores foram mais altos comparativamente à sonda “Round End”, sendo que entre os pães 5%SV e 10%SV existem diferenças significativas. Por fim, com a utilizada da sonda “Bread V Squeeze Rig”, foi possível observar um aumento crescente dos valores de dureza consoante o aumento da quantidade de planta adicionada. Como esta sonda imita o ato de apertar o pão entre o polegar e os restantes dedos e, como a adição da planta resulta numa maior retenção de água, pode resultar em pães mais compactos, sendo por isso necessário aplicar mais força dado à sua estrutura mais coesa. Verificam-se diferenças significativas entre as amostras C e 10%SV para este tipo de sonda. Os dados obtidos através da sonda “Round End” são semelhantes aos dados obtidos por Barroca et al. (2023), nos quais também não foram detetadas diferenças significativas entre o pão controlo e os pães com adição de *Sarcocornia perennis*. Nos resultados obtidos por Figueira et al. (2011), verifica-se um aumento significativo da dureza no pão com a maior quantidade de *Spirulina platensis* adicionada (5%) comparativamente ao pão controlo, à semelhança do ocorrido nas amostras C e 10%SV com a sonda “Bread V Squeeze Rig”.

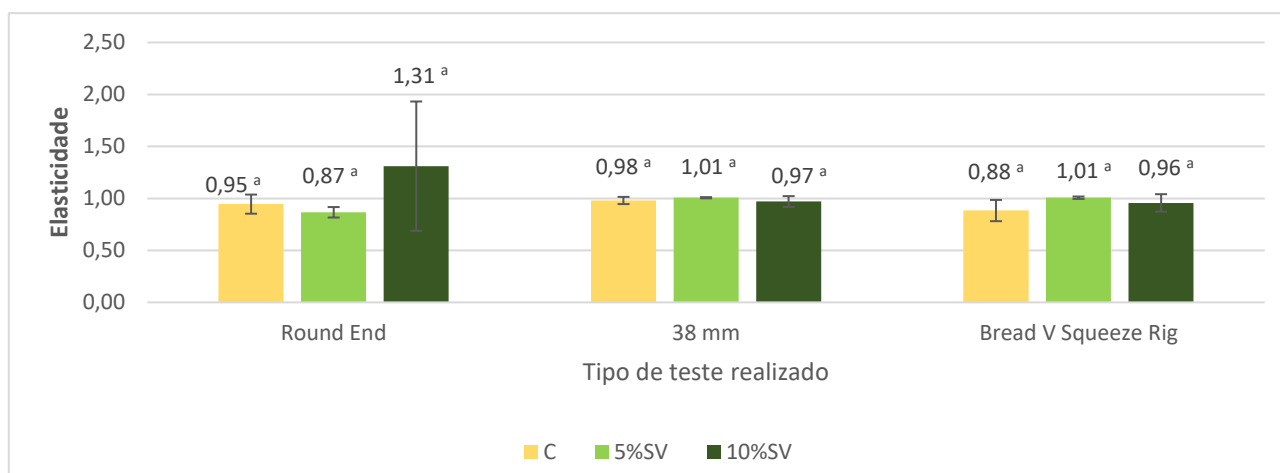


Figura 37 – Elasticidade das amostras de pão C, 5%SV e 10%SV para as diferentes sondas utilizadas (“Round End”, sonda cilíndrica 38mm e “Bread V Squeeze Rig”). Letras minúsculas diferentes correspondem a diferenças significativas (p-value<0,05) entre as amostras de pão.

Ao utilizar a sonda “Bread V Squeeze Rig” é possível verificar a “frescura” dos pães uma vez que, quanto menor a força (dureza) e maior o valor de elasticidade, mais fresco é o pão (Texture Analysis Professionals, 2014). Os pães C, 5%SV e 10%SV apresentam valores de elasticidade de $0,88 \pm 0,10$, $1,01 \pm 0,01$ e $0,96 \pm 0,08$, respetivamente. Relativamente à dureza apresentam valores de $36,5 \pm 3,22$, $39,6 \pm 2,81$ e $44,71 \pm 4,14$, respetivamente. Verificando a relação entre a dureza e a elasticidade, conclui-se que a “frescura” das três amostras é idêntica. A frescura do pão, embora tenham sido todos cozidos ao mesmo tempo, dá uma ideia sobre as características da cozedura e da qualidade sensorial do mesmo, como a maciez do miolo. Analisando as três amostras, verifica-se que a que tem maior “frescura” é a amostra 5%SV, seguida da amostra C e da amostra 10%SV.

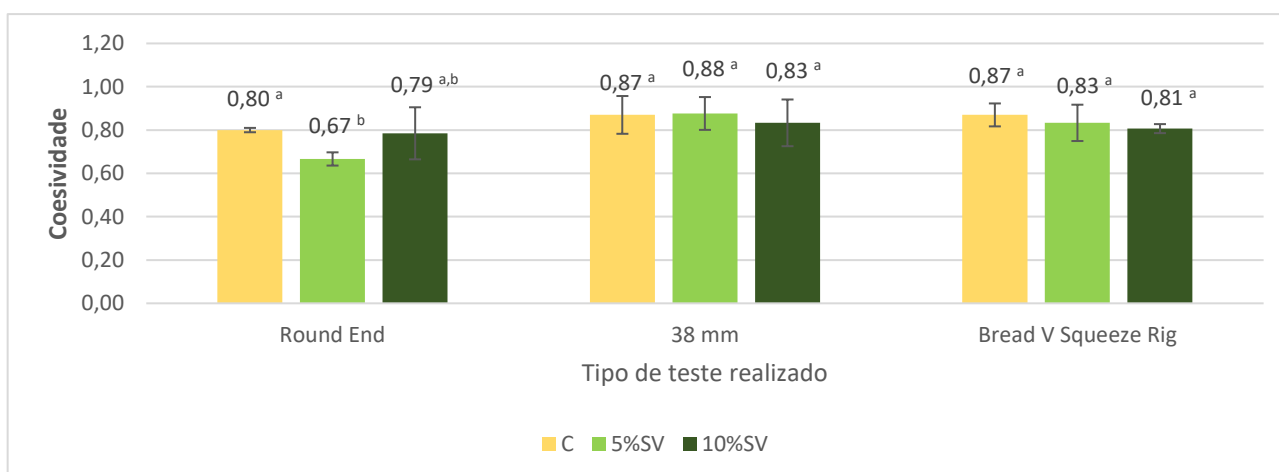


Figura 38 – Coesividade das amostras de pão C, 5%SV e 10%SV para as diferentes sondas utilizadas (“Round End”, sonda cilíndrica 38mm e “Bread V Squeeze Rig”). Letras minúsculas diferentes correspondem a diferenças significativas (p-value<0,05) entre as amostras de pão.

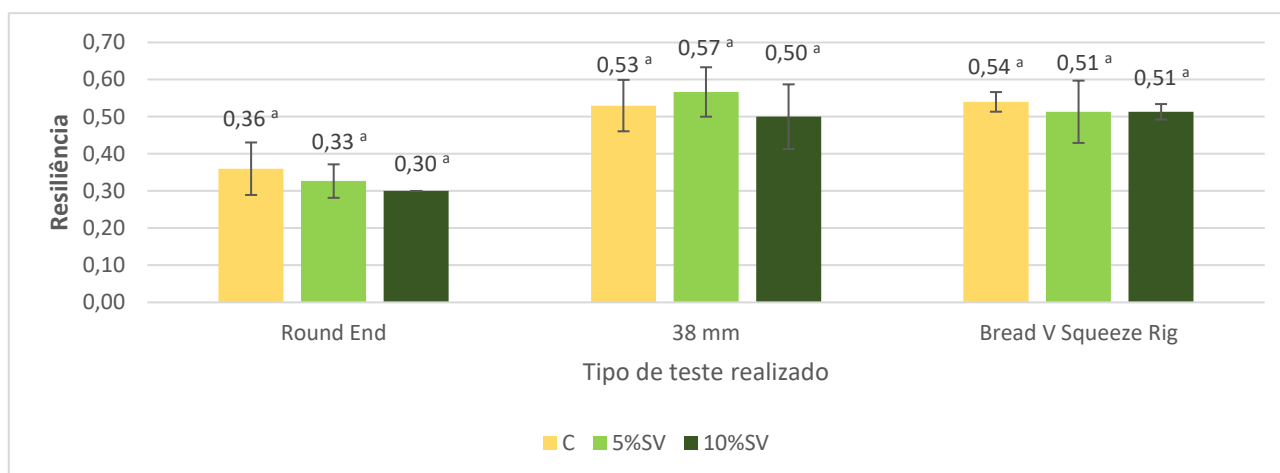


Figura 39 – Resiliência das amostras de pão C, 5%SV e 10%SV para as diferentes sondas utilizadas (“Round End”, sonda cilíndrica 38mm e “Bread V Squeeze Rig”). Letras minúsculas diferentes correspondem a diferenças significativas (p-value<0,05) entre as amostras de pão.

Embora existam diferenças significativas entre os valores de coesividade das amostras 5%SV e C com a utilização da sonda “Round End”, de modo geral, os valores de elasticidade, coesividade e resiliência apresentam valores semelhantes em todas as amostras (C, 5%SV e 10%SV) para as três sondas utilizadas. Nos restantes valores, referentes às diferentes sondas utilizadas para cada tipo de parâmetro a avaliar, as amostras não têm diferenças estatísticas. Assim, pode concluir-se que a substituição do sal pela planta *S. vera* não afeta estes parâmetros de textura, indo ao encontro aos resultados obtidos por Barroca et al. (2023), onde a substituição do sal pela planta *Sacocornia perennis* também não afetou os parâmetros de textura anteriormente referidos.

Fatores como a qualidade do pó da halófita utilizada, o tempo de cozedura e a temperatura e características do forno podem afetar a textura dos pães (Barroca et al., 2023).

4.3.5. Cor

Assim como a textura, a cor é uma das características que mais influencia a aceitação do pão, uma vez que é, por norma, a primeira característica a ser avaliada (Barroca et al., 2023). Observando os valores de $L^*a^*b^*$ obtidos, representados na Figura 40 e na Figura 41, verifica-se que a adição da planta *S. vera* como substituta do sal deu origem a pães mais escuros (tanto no miolo como na côdea) e mais coloridos.

Segundo o sistema CIE-Lab, L^* representa a luminosidade, a^* representa a coordenada vermelho/verde (onde valores positivos de “a” indicam a cor vermelha e valores negativos de “a” indicam a cor verde) e b^* representa a coordenada amarelo/azul (onde valores positivos de “b” indicam a cor amarela e valores negativos de “b” indicam a cor azul) (Konica Minolta, sem data).

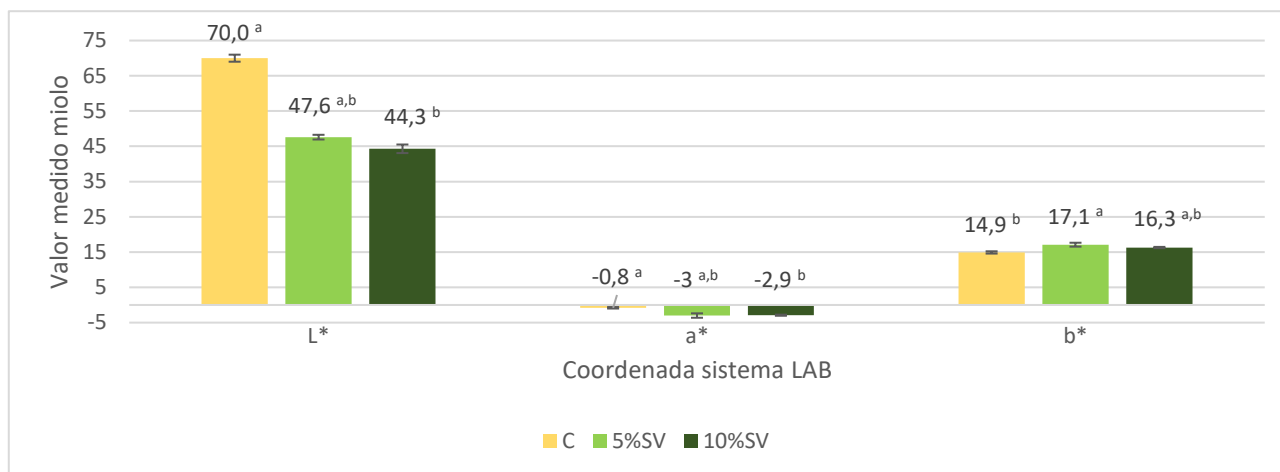


Figura 40 – Parâmetros de cor L* (Luminosidade), a* (verde), b* (amarelo) do miolo das amostras de pão C, 5%SV e 10%SV. Letras minúsculas diferentes correspondem a diferenças significativas (p-value<0,05) entre as amostras de pão.

Durante as medições da cor em diferentes zonas do miolo e da côdea, pode observar-se variações nos tons medidos. No miolo, por exemplo, existem zonas com mais alvéolos, que podem afetar a distribuição da luz refletida durante a medição. Para além deste fator, é importante ter em conta outros como a uniformidade durante a cozedura, onde o binómio tempo e temperatura têm influência na cor final dos pães.

Relativamente ao miolo dos pães, é possível verificar que a luminosidade (L*) diminuiu gradualmente à medida que se adicionou mais quantidade de planta, ou seja, os pães ficaram mais escuros. No que diz respeito à cor verde do miolo, a coordenada a*, a adição da planta deu origem a miolos mais verdes (em 5%SV e 10%SV) comparativamente ao pão controlo, existindo diferenças significativas entre a amostra controlo (C) e a amostra 10%SV (10,16% de planta relativamente à farinha). A coordenada b*, correspondente à cor amarela do miolo, aumenta com a adição da planta *S. vera*, verificando-se diferenças significativas entre as amostras C e 5%SV. Segundo Barroca et al. (2023), a adição de *Sacocornia perennis* também resulta em pães mais escuros (valores de L* mais baixos consoante mais quantidade de planta adicionada), com miolo mais verde e mais amarelos. Em dados obtidos por Figueira et al. (2011), relativos a pães com adição de *Spirulina platensis*, também se verificou uma diminuição da luminosidade (pães mais escuros à medida que era adicionada mais quantidade de planta), com miolos mais verdes e mais amarelos. No que diz respeito à cromaticidade (C*), aumentou nas amostras 5%SV e 10%SV (17,33 e 16,55, respetivamente) comparativamente à amostra C (14,89), tal como verificado por Barroca et al. (2023) (adição de *Sacocornia perennis*) e por Figueira et al. (2011) (adição de *Spirulina platensis*). A diferença total de cor (TCD), relativa à avaliação global da mudança de cor nas amostras com adição de planta comparativamente ao pão controlo (C), foi de 22,60 para a amostra 5%SV e de 25,83 para a amostra 10%SV. Através destes valores de TCD pode concluir-se que a adição de *S. vera* alterou a cor do miolo dos pães, tal como se verificou nos dados obtidos por Barroca et al. (2023). O aumento da diferença total de cor

conduziu a uma diminuição do índice de brancura (WI), à medida que é adicionada mais quantidade de planta, sendo de 66,51 para C, 44,84 para 5%SV e 41,89 para 10%SV.

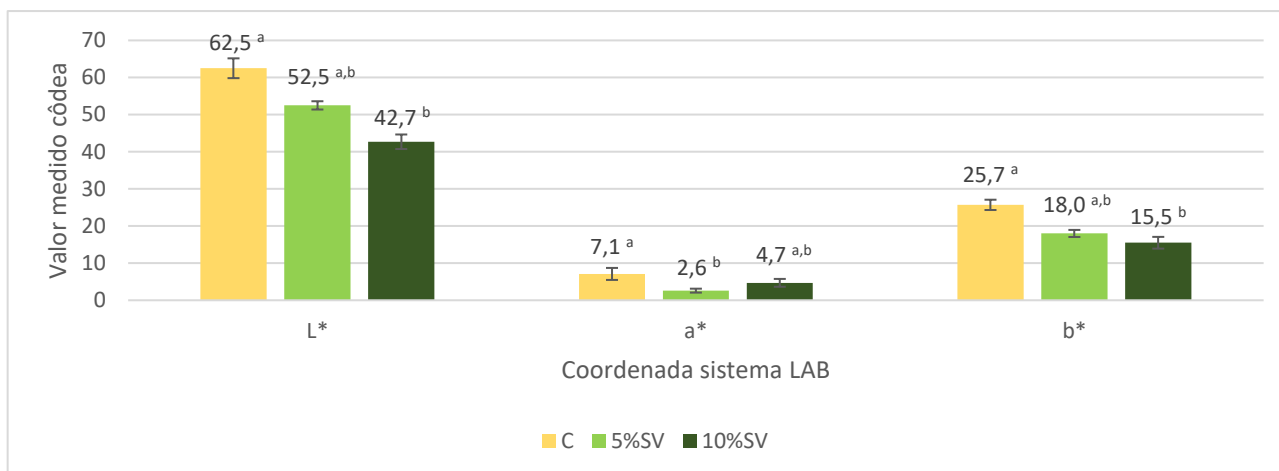


Figura 41 – Parâmetros de cor L* (Luminosidade), a* (vermelho), b* (amarelo) da côdea das amostras de pão C, 5%SV e 10%SV. Letras minúsculas diferentes correspondem a diferenças significativas (p-value<0,05) entre as amostras de pão.

Relativamente à côdea/crosta dos pães, observa-se que a luminosidade (L*) diminuiu gradualmente à medida que se adicionou mais quantidade de planta, ou seja, os pães ficaram mais escuros, tal como se verificou para o miolo. No que diz respeito à cor vermelha da côdea, a coordenada a*, a adição da planta deu origem a côdeas menos vermelhas (em 5%SV e 10%SV) comparativamente ao pão controlo, existindo diferenças significativas entre a amostra controlo (C) e a amostra 5%SV (5,08% de planta relativamente à farinha). A coordenada b*, correspondente à cor amarela da côdea, diminui com a adição da planta *S. vera*, verificando-se diferenças significativas entre as amostras C e 10%SV. No que diz respeito à cromaticidade (C*), diminuiu nas amostras 5%SV e 10%SV (18,19 e 16,27, respetivamente) comparativamente à amostra C (26,64). A diferença total de cor (TCD), relativa à avaliação global da mudança de cor nas amostras com adição de planta comparativamente ao pão controlo (C), foi de 13,68 para a amostra 5%SV e de 22,59 para a amostra 10%SV. Através destes valores de TCD conclui-se que a adição de *S. vera* alterou notavelmente a cor das côdeas dos pães. O índice de escurecimento (BI) dos pães com adição de planta diminuiu comparativamente à amostra C (59,68), sendo de 44,28 para 5%SV e de 51,80 para 10%SV.

Na Figura 42, ilustram-se as cores convertidas para o sistema RGB, do miolo e da côdea dos diferentes tipos de pão (C, 5%SV e 10%SV). Este sistema consiste numa representação das cores através dos tons vermelho, verde e azul, adequado para a visualização em dispositivos eletrónicos (M. Marques, 2018). Foi utilizado o site *Color Designer* para converter as cores do sistema LAB para o sistema RGB.

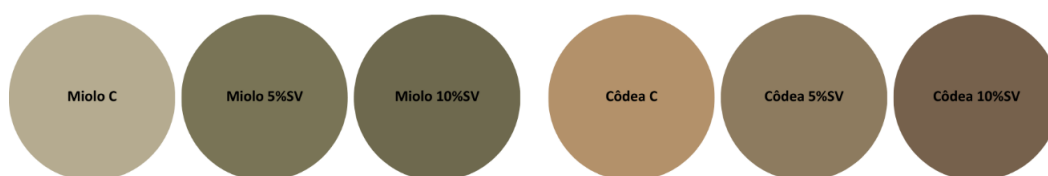


Figura 42 – Cores do miolo e da côdea dos pães C, 5%SV e 10%SV, representadas através do sistema RGB (através do site *Color Designer*)

4.3.6. Atividade da água

Os valores obtidos relativamente à atividade da água (a_w) dos três tipos de pão frescos (C, 5%SV, 10%SV) encontram-se representados na Tabela 18.

Tabela 18 – Atividade da água (a_w) das amostras de pão C, 5%SV e 10%SV

	C	5%SV	10%SV
a_w	0,924	0,918	0,915

Todos os valores de a_w obtidos são superiores a 0,90, indicando que os três tipos de pão têm uma grande quantidade de água disponível para o desenvolvimento de bolores, leveduras e bactérias (Ribeiro & Seravalli, 2007). Verifica-se que, à medida que se adiciona a planta *S. vera*, os valores dos três pães apresentam uma atividade da água semelhante.

Os valores obtidos enquadram-se nos valores obtidos por Pagani et al. (2023) (relativos a pães com diferentes concentrações de farinha de ervilha) e por Gheno et al. (2022) (relativos a pão francês com adição de farinha de vegetais).

4.3.7. Perda total de água durante a cozedura e volume específico

Os valores da perda total de água durante a cozedura e volume específico dos três tipos de pão frescos (C, 5%SV e 10%SV) encontram-se na Tabela 19.

Tabela 19 – Perda total durante a cozedura (%) e volume específico (cm^3/g) das amostras de pão C, 5%SV e 10%SV

	C	5%SV	10%SV
Perda total de água durante a cozedura (%)	$13,36 \pm 0,42^a$	$11,14 \pm 0,64^{a,b}$	$10,05 \pm 0,27^b$
Massa (g)	$87,18 \pm 0,34^b$	$89,15 \pm 0,47^{a,b}$	$90,70 \pm 0,21^a$
Volume específico (cm^3/g)	$0,97 \pm 0,00^{a,b}$	$0,99 \pm 0,03^a$	$0,79 \pm 0,02^b$

Letras minúsculas diferentes correspondem a diferenças significativas ($p\text{-value} < 0,05$) entre as amostras de pão.

A massa dos pães depois de cozidos (5%SV e 10%SV) tende a aumentar consoante a quantidade de planta adicionada, comparativamente ao pão controlo (C). Verificaram-se diferenças significativas entre as massas dos pães C e 10%SV. Também nos dados obtidos por Barroca et al. (2023), à medida que foi adicionada mais quantidade de *Sacocornia perennis*, a massa dos pães depois de cozida aumentava comparativamente ao pão controlo.

Relativamente à perda total durante a cozedura, verifica-se uma diminuição à medida que se adiciona mais quantidade de planta, existindo diferenças significativas entre C ($13,36 \pm 0,42$) e 10%SV ($10,05 \pm 0,27$). Nos dados obtidos por Barroca et al. (2023), com valores semelhantes aos do presente estudo, também se verifica uma diminuição da perda total durante a cozedura à medida que se adiciona mais quantidade de planta, comparativamente ao pão controlo. Isto acontece uma vez que, tanto a planta utilizada (*S. vera*) como a planta utilizada por Barroca et al. (2023) (*Sacocornia perennis*) têm natureza higroscópica, isto é, têm elevada capacidade de reter água durante o cozimento do pão. Também nos dados obtidos por Pagani et al. (2023) se verifica que, à medida que aumenta a quantidade de farinha de ervilha adicionada nos pães, a perda de massa durante a cozedura diminui.

No que diz respeito ao volume específico dos diferentes tipos de pão, verifica-se uma diminuição no pão 10%SV comparativamente ao pão C e 5%SV. A redução do sal/ sódio provoca maior produção de gás e, consecutivamente, um aumento do volume do pão, existindo tendência para um aumento do volume específico, tal como se verifica entre as amostras 5%SV e 10%SV (Belz et al., 2012). No entanto, o mesmo não se verifica entre C e 5%SV. Nos dados obtidos por Barroca et al. (2023) relativamente ao volume específico, os valores são superiores aos do presente estudo e tendem a aumentar ligeiramente à medida que aumenta a quantidade de planta adicionada. Relativamente aos dados obtidos por Pagani et al. (2023) e por Figueira et al. (2011), à medida que é adicionada mais quantidade de farinha de ervilha e *Spirulina platensis* em pó, respetivamente, o volume específico dos pães tende a diminuir, o que se verifica entre as amostras de pão C e 10%SV.

4.3.8. Análises microbiológicas

Os valores obtidos relativamente à atividade microbiana dos três tipos de pão frescos (C, 5%SV e 10%SV) apresentam-se na Tabela 20, expressos em ufc/g de amostra (unidades formadoras de colónias por grama de amostra). Foram avaliados quatro parâmetros microbiológicos, 2 e 24 horas após a confeção do pão, através da contagem de microrganismos aeróbios mesófilos totais (CMAMT) bolores e leveduras (CBL), coliformes (CC) e estafilococos (*Staphylococcus* sp.) (CE).

Tabela 20 – Atividade microbiana 2 e 24 horas após confeção: ufc/g (unidades formadoras de colónias por grama) para as amostras de pão C, 5%SV e 10%SV

	2 horas após confeção				24 horas após confeção			
	CMAMT	CBL	CC	CE	CMAMT	CBL	CC	CE
C	$5,6 \times 10^1$	CND	CND	CND	$6,5 \times 10^1$	$3,2 \times 10^1$	CND	CND
5%SV	$2,0 \times 10^1$	CND	CND	CND	$2,3 \times 10^1$	CND	CND	CND
10%SV	$3,4 \times 10^1$	CND	CND	CND	$4,1 \times 10^1$	CND	CND	CND

CND: crescimento não detetado; CMAMT: contagem de microrganismos aeróbios mesófilos totais; CBL: contagem de bolores e leveduras; CC: contagem de coliformes; CE: contagem de estafilococos.

Tal como é possível observar na Tabela 20, todos os pães analisados 2 horas após a confeção, apresentam contaminação microbiana, com valores correspondentes a $5,6 \times 10^1$ ufc/g de pão C, $2,0 \times 10^1$ ufc/g de pão 5%SV e $3,4 \times 10^1$ ufc/g de pão 10%SV. De acordo com o INSDRJ (2019), e uma vez que todos os valores de crescimento de microrganismos aeróbios mesófilos totais são inferiores a 10^3 ufc/g, pode considerar-se que os resultados são satisfatórios, isto é, são inferiores ao valor máximo admissível. No que diz respeito a bolores e leveduras, coliformes e estafilococos, não foi detetado crescimento em nenhum dos parâmetros.

Relativamente aos pães analisados 24 horas após a confeção, foi detetada contaminação microbiana (em todos os pães) e de fungos leveduriformes (apenas no pão controlo, C). Os valores de microrganismos aeróbios mesófilos totais correspondem a $6,5 \times 10^1$ ufc/g no pão C, $2,3 \times 10^1$ ufc/g no pão 5%SV e $4,1 \times 10^1$ ufc/g no pão 10%SV. Assim, verifica-se que todas as amostras apresentam valores satisfatórios de crescimento de microrganismos aeróbios mesófilos totais, uma vez que são inferiores a 10^3 ufc/g, valor máximo admissível estabelecido pelo INSDRJ (2019). Comparativamente às amostras de pão com adição de planta (5%SV e 10%SV), na amostra do pão controlo (C) verificou-se contaminação de fungos leveduriformes, correspondente a $3,2 \times 10^1$ ufc/g. Consoante os valores máximos admissíveis estabelecidos pelo INSDRJ (2019), conclui-se que a amostra C apresenta valores satisfatórios de bolores e leveduras (bolores: valor máximo admissível $<5 \times 10^2$ ufc/g; leveduras: valor máximo admissível $<10^3$).

No parâmetro relativo ao crescimento de coliformes, não foi detetado crescimento nas três amostras, à semelhança dos dados obtidos por Barroca et al. (2023). Segundo o INSDRJ (2019), as amostras de pão (2 e 24 horas após a confeção) apresentam valores satisfatórios para este parâmetro, uma vez que são inferiores a 10^2 ufc/g.

Segundo a ASAE (sem data), para existir uma quantidade de toxina capaz de provocar doenças (entre 0,1 e 1 μ g), é necessário que a quantidade de populações de *Staphylococcus aureus* (uma espécie de estafilococos) apresente no mínimo 10^5 - 10^6 por grama. Assim, como não foi detetado crescimento de estafilococos, conclui-se que os pães não causam perigo de intoxicação (provocada pela toxina).

A adição de planta (*S. vera*) aos pães promove uma diminuição no crescimento de todos os parâmetros, contrariamente aos dados obtidos por Barroca et al. (2023), onde a adição de *Sarcocornia perennis* provocou o aumento do crescimento de microrganismos aeróbios mesófilos totais e de bolores e leveduras. No entanto, o pão com 5,08% de planta (5%SV) apresenta valores inferiores comparativamente ao pão com 10,16% de planta (10%SV).

Os três pães analisados encontram-se aptos para consumo humano, com valores de crescimento microbiano inferiores aos máximos admissíveis. Conclui-se que a planta *S. vera* possui propriedades antimicrobianas que inibem o crescimento de microrganismos aeróbios mesófilos totais, bolores e leveduras, coliformes e estafilococos, reduzindo assim a carga microbiana e aumentando o tempo de vida útil. Fatores como a atividade da água (a_w), temperatura, tempo de cozedura, modo de armazenagem e ingredientes adicionados (bem como a quantidade dos mesmos), têm influência sobre a carga microbiana e o tempo de vida útil dos pães.

4.3.9. Atividade biológica do pão

4.3.9.1. Compostos fenólicos totais

A Figura 43 apresenta o teor de compostos fenólicos dos três tipos de pães (g EAG/ 100g extrato seco).

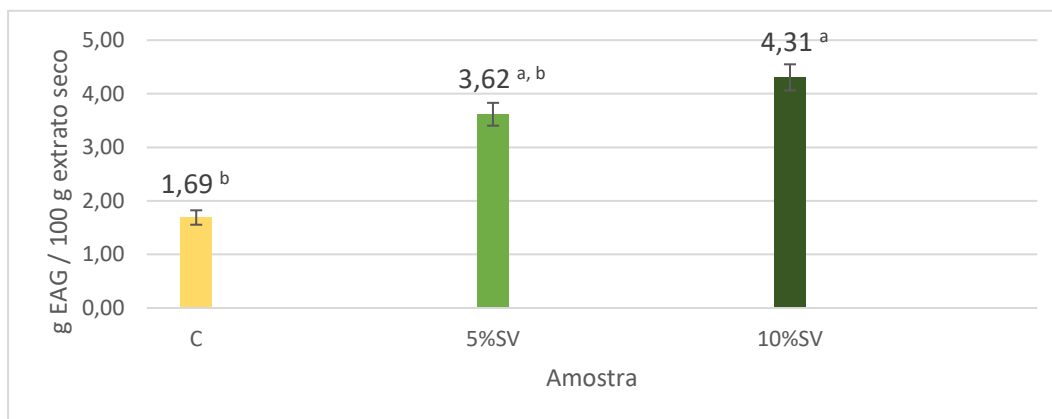


Figura 43 – Teor em compostos fenólicos presentes nos extratos dos pães (C, 5%SV, 10%SV). Letras minúsculas diferentes correspondem a diferenças significativas (p -value<0,05) entre as amostras de pão.

A adição da planta *S. vera*, conduziu a um aumento gradual do teor em compostos fenólicos, correspondendo a $1,69 \pm 0,13$ g EAG/ 100 g extrato seco para C, a $3,62 \pm 0,21$ g EAG/ 100 g extrato seco para 5%SV, e a $4,31 \pm 0,24$ g EAG/ 100 g extrato seco para 10%SV. Entre as amostras C e 10%SV verificam-se diferenças significativas. Maietti et al. (2021) referiu que, ao adicionar urtiga no pão, verificou um aumento significativo do teor em compostos fenólicos comparativamente ao pão controlo, indo ao encontro dos resultados obtidos.

4.3.9.2. Atividade antioxidante

Na Figura 44, apresentam-se os valores de IC_{50} relativos aos extratos analisados (C, 5%SV, 10%SV).

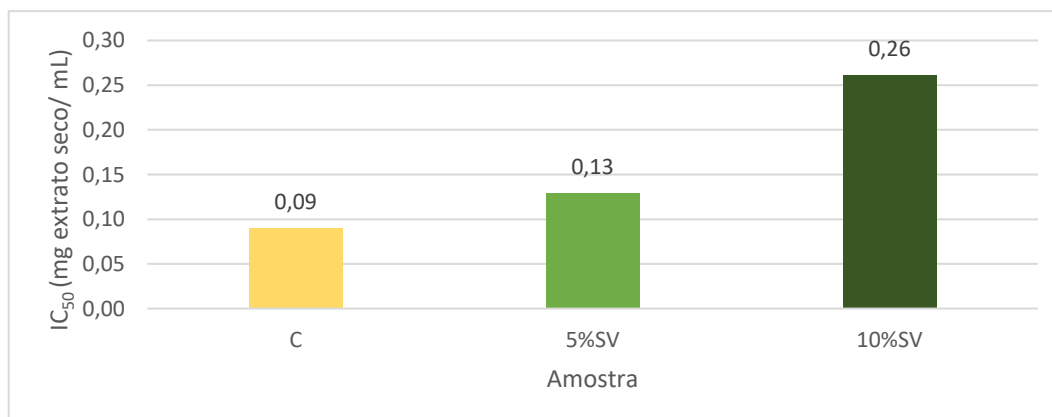


Figura 44 – Concentração (IC_{50}) dos extratos dos pães (C, 5%SV e 10%SV)

Verifica-se um aumento gradual do valor IC_{50} à medida que é adicionada planta *S. vera*, apresentando valores de 0,09 mg extrato seco/ mL para C, de 0,13 mg extrato seco/ mL para 5%SV e de 0,26 mg extrato seco/ mL para 10%SV. Isto indica que, quanto mais

planta se adiciona ao pão, mais quantidade de extrato seco é necessária para inibir a mesma quantidade de radicais DPPH (50%). Assim, conclui-se que os pães com adição de planta têm uma capacidade antioxidante menor comparativamente ao pão controlo.

Ainda que a planta apresente compostos antioxidantes específicos, este comportamento pode estar relacionado com a presença de substâncias pró-oxidantes (como ferro ou cobre) (Cerqueira et al., 2007; Videla et al., 2003). A planta utilizada tem uma quantidade de ferro considerável (10,85 mg/ 100 g m.s., segundo Georget (2023)), capaz de fazer aumentar significativamente o valor de ferro no pão 10%SV, bem como possivelmente de outros pró-oxidantes. Sendo assim, conclui-se que a adição da planta, devido aos pró-oxidantes nela presentes, afeta a capacidade antioxidante do pão, fazendo com que a mesma diminua gradualmente.

4.3.10. Análise sensorial

O painel de provadores não treinados foi constituído por 33 participantes, dos quais 20 eram do género feminino e 13 do género masculino. No que se refere à idade dos intervenientes, o intervalo correspondeu entre 8 e 65 anos (os menores de idade (4) encontravam-se acompanhados pelo responsável).

De forma geral, embora o pão controlo (C) tenha sido a amostra preferida em todos os parâmetros, as amostras 5%SV e 10%SV também tiveram um impacto positivo no consumidor. Foram encontradas algumas diferenças significativas ($p\text{-value} < 0,05$) entre amostras para determinados parâmetros.

Na Figura 45 estão representados os resultados das avaliações atribuídas a cada uma das amostras (C, 5%SV, 10%SV), de acordo com uma escala hedónica de 9 pontos (1 refere-se a extremamente desagradável e 9 a extremamente agradável), relativamente à cor, aroma, textura, sabor e avaliação global.

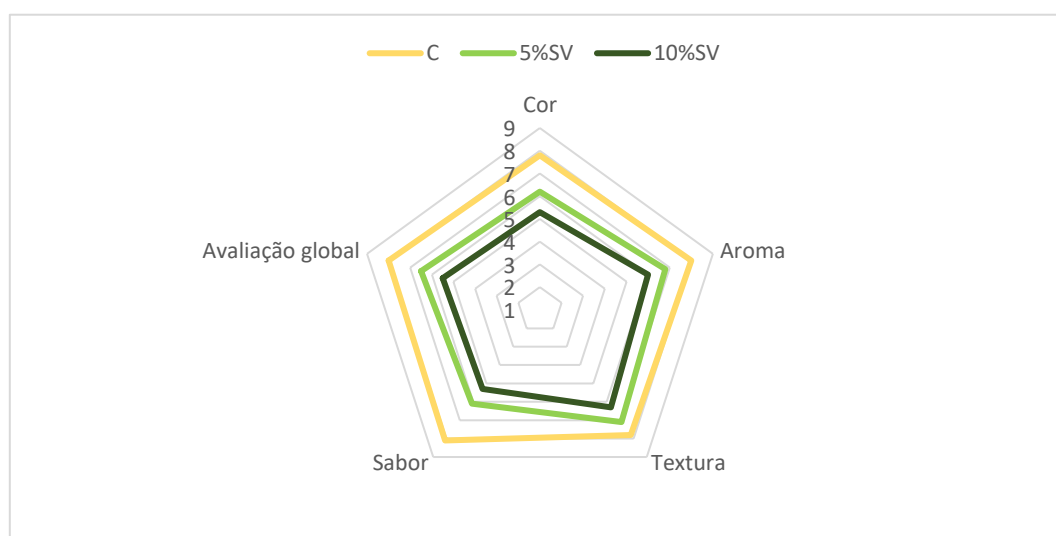


Figura 45 – Respostas dos provadores (n=33) para as características sensoriais (cor, aroma, textura, sabor, avaliação global), das amostras de pão C, 5%SV e 10%SV

No parâmetro referente à cor, as amostras 5%SV e 10%SV apresentam resultados semelhantes (6,2 e 5,3, respetivamente), comparativamente a C que apresenta um valor mais elevado (7,8). Assim, conclui-se que os provadores preferiram a cor do pão controlo, verificando diferenças significativas nos pães 10%SV e 5%SV comparativamente ao pão controlo (C).

Relativamente à avaliação do aroma, os provadores preferiram o pão controlo (C) atribuindo um valor equivalente a 8,0, contrastando com as avaliações atribuídas aos pães 5%SV e 10%SV, com valores médios de 6,8 e 6,0, respetivamente. Tal como na cor, os provadores preferiram o aroma do pão controlo, verificando diferenças significativas nos pães 10%SV e 5%SV comparativamente ao pão controlo (C).

Os valores da textura foram semelhantes aos valores atribuídos ao aroma (7,8 para C, 7,1 para 5%SV e 6,3 para 10%SV). No entanto, apenas se verificaram diferenças significativas entre a amostra 10%SV e C, o que nos indica que quantidades menores de planta adicionada promovem uma textura mais agradável.

No sabor, os provadores atribuíram valores semelhantes à cor (8,1 para C, 6,1 para 5%SV e 5,3 para 10%SV). Os provadores preferiram o sabor do pão controlo, verificando diferenças significativas nos pães 10%SV e 5%SV comparativamente ao pão controlo (C).

Numa avaliação global, os provadores atribuíram 8,0 ao pão controlo (C), 6,5 ao pão 5%SV e 5,5 ao pão 10%SV. Verificaram-se diferenças estatísticas entre todas as amostras, mostrando que a concentração de planta adicionada afeta a avaliação do provador.

De forma geral, o pão controlo foi o preferido em todos os parâmetros, tal como se verificou nos dados obtidos por Barroca et al. (2023). Comparando as amostras 5%SV e 10%SV, ambas com adição de planta, verifica-se que 5%SV foi a preferida comparativamente a 10%SV em todos os parâmetros. Assim, conclui-se que uma maior concentração de planta adicionada diminui a aceitação do produto. Em alguns comentários deixados pelos provadores, salientaram o facto do pão 10%SV provocar um sabor residual acentuado, motivo pelo qual preferiam 5%SV e C. Também no estudo efetuado por Barroca et al. (2023), o pão com a menor percentagem de planta adicionada obteve uma maior aceitação por parte dos provadores. A mesma situação também se verificou nos dados obtidos por Figueira et al. (2011), onde os provadores preferiram o pão com adição de 3%, numa prova de pães com adição de 2, 3, 4 e 5% de *Spirulina platensis*, indo ao encontro da preferência com concentrações menores de planta adicionada. Nos valores obtidos por Pires et al. (2021), verificaram-se diferenças significativas entre a massa controlo e a massa enriquecida com *Halimione portulacoides* para os parâmetros sabor e aceitação global, sendo a massa controlo a preferida. Tal como se verifica nos estudos efetuados por Barroca et al. (2023) e Pires et al. (2021), embora as amostras com adição de pó de halófitas apresentem classificação inferior relativamente à amostra controlo, pode considerar-se que os produtos foram bem aceites a nível sensorial.

A Figura 46 apresenta as respostas dos provadores relativamente à perceção do sabor que o sal confere ao pão, classificando o mesmo como “muito insosso”, “insosso”, “equilibrado”, “salgado” ou “muito salgado”. Esta questão foi essencial para perceber se a utilização da planta foi eficiente para substituir o sal comum.

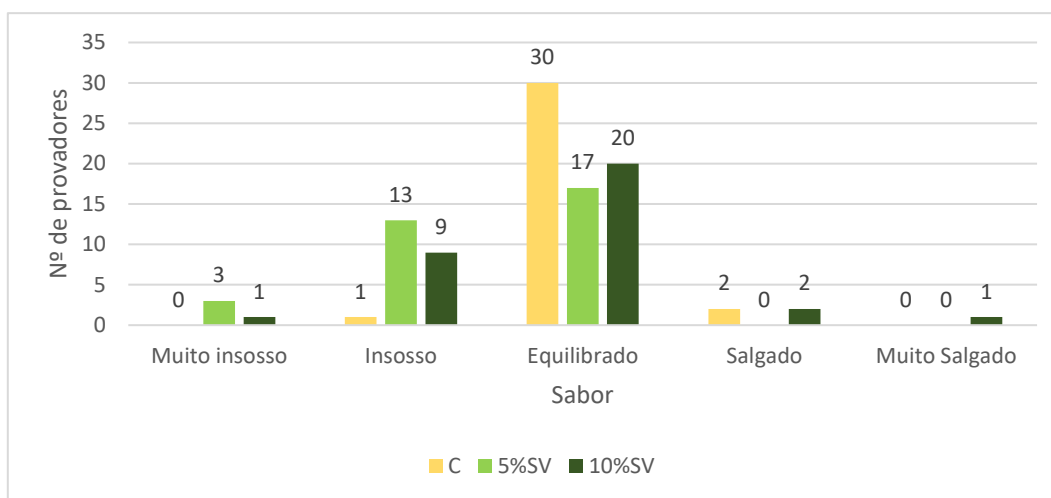


Figura 46 – Respostas dos provadores (n=33) para a percepção do sabor que o sal confere às amostras de pão C, 5%SV e 10%SV

De forma geral, a maioria dos provadores identificou as três amostras como equilibradas, no que se refere ao sabor que o sal confere aos pães. Relativamente ao pão controlo (C), apenas um provador classificou como insosso e dois como salgado, tendo os restantes (30) classificado como equilibrado. O pão 5%SV, com 5,08% de planta relativamente à quantidade de farinha, foi classificado por três provadores como muito insosso, por 13 como insosso e pelos restantes (17) como equilibrado. Já o pão 10%SV, com 10,16% de planta relativamente à quantidade de farinha, foi classificado por um provador como muito insosso, por nove como insosso, por dois como salgado, por um como muito salgado e pelos restantes (20) como equilibrado. Assim, conclui-se que a adição da planta tem um impacto direto na percepção do sabor relativo ao sal uma vez que o pão parece mais insosso para os provadores, comparativamente ao pão controlo (C). No entanto, uma vez que as respostas para os pães com adição de planta tiveram uma maior variabilidade comparativamente ao pão controlo, verifica-se que a planta pode interferir na percepção do sabor relativo ao sal/ sódio, uma vez que são sabores desconhecidos e difíceis de identificar.

Quando questionados relativamente à preferência entre as três amostras, dos 33 provadores, 26 preferiram a amostra C, seis preferiram a amostra 5%SV e um preferiu a amostra 10%SV, tal como representa a Figura 47. A grande maioria dos provadores preferiu a amostra C, levando à conclusão de que preferem o pão tradicional, uma vez que o mesmo é “familiar” ao paladar e aos restantes sentidos. Comparando as amostras 10%SV e 5%SV, é possível concluir que uma maior quantidade de planta resulta numa menor aceitação por parte do provador, tendo o pão 5%SV melhor aceitação.

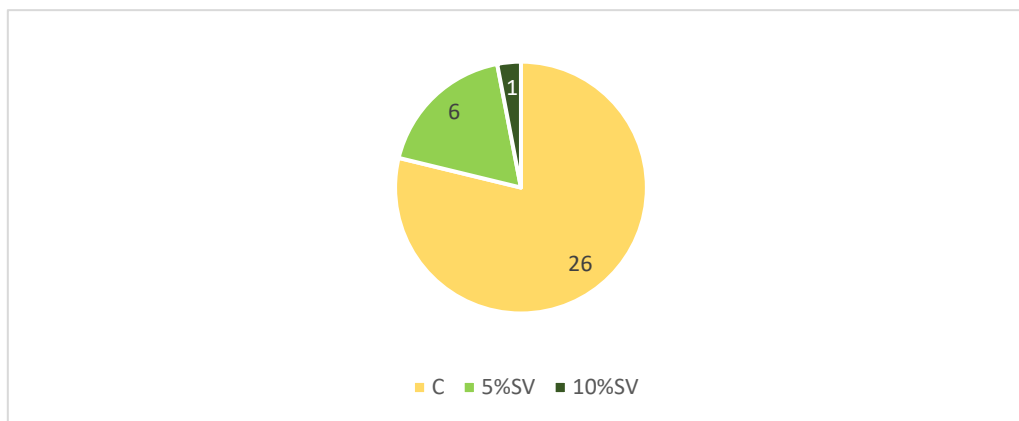


Figura 47 – Respostas dos provadores (n=33) relativamente à amostra preferida, entre as amostras de pão C, 5%SV e 10%SV

As respostas dos provadores relativamente à intenção de compra encontram-se na Figura 48.

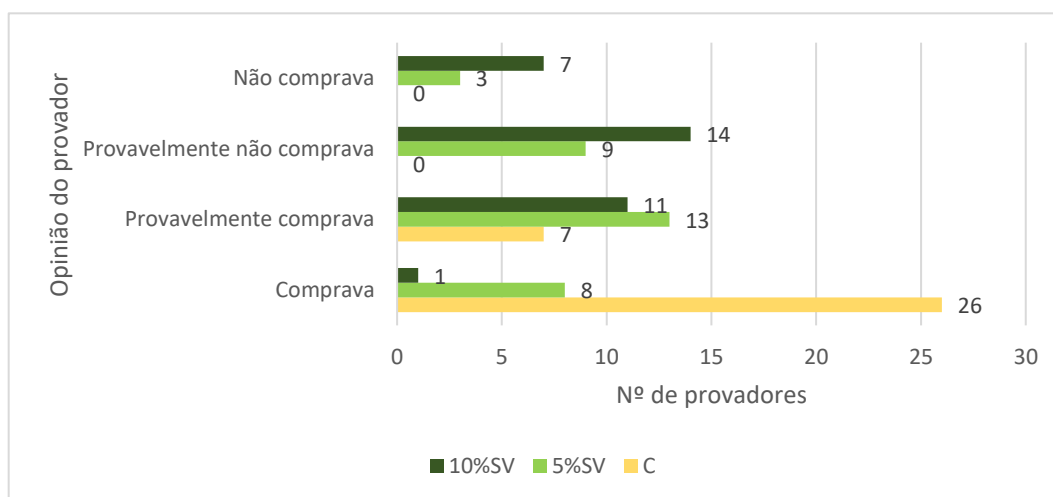


Figura 48 – Resposta dos provadores (n=33) relativamente intenção de compra, para as amostras de pão C, 5%SV e 10%SV

Relativamente ao pão controlo (C), dos 33 provadores, 26 afirmam que compravam e sete que provavelmente compraria. Quando questionados relativamente à amostra 5%SV, oito afirmam que comprariam, 13 provavelmente comprariam, nove provavelmente não comprariam e três não comprariam. No que diz respeito à amostra 10%SV, um provador afirma que compraria, 11 provavelmente comprariam, 14 provavelmente não comprariam e 7 não comprariam. Analisando de forma geral a intenção de compra para as três amostras, a maioria afirma que compraria a amostra C, que provavelmente comprariam a amostra 5%SV, e que provavelmente não comprariam a amostra 10%SV. Estes resultados vão ao encontro à avaliação das características sensoriais, bem como à preferência entre as amostras, onde a amostra 10%SV é sempre a menos apreciada.

De forma a entender o impacto da preocupação com a saúde na escolha dos produtos alimentares, foi feita uma questão aos provadores para saber se recomendariam o pão com substituição do sal pela planta *S. vera*, a amigos, familiares ou conhecidos. Foi salientado o facto de o sal comum estar associado a problemas de saúde como a

hipertensão e doenças cardiovasculares, e o facto da planta ser uma opção mais saudável. Dos resultados obtidos (33 respostas), 90% dos participantes referiu que indicaria o pão com substituição do sal pela planta a amigos e familiares.

De forma geral, conclui-se que houve uma aceitação dos pães com adição de *S. vera*, especialmente a amostra 5%SV com 5,08% de planta relativamente à quantidade de farinha adicionada. Uma vez que os provadores envolvidos no estudo tinham idades compreendidas entre 8 e 65 anos, foi possível obter uma ideia mais abrangente da aceitação do produto, permitindo avaliar as preferências de diferentes grupos demográficos no que diz respeito à idade (desde crianças a idosos).

Através da opinião dos provadores, percebeu-se que a saúde é um fator determinante e tem influência na escolha dos produtos alimentares, sendo um assunto positivo relativamente ao presente estudo, uma vez que os pães com adição de halófito (*S. vera*) são nutricionalmente e mineralmente melhorados, sem adição de sal comum.

5. Conclusão

O objetivo principal deste trabalho consistiu na valorização de plantas marítimas endógenas através do desenvolvimento de produtos de panificação com propriedades nutraceuticas, mais especificamente a elaboração de diversas formulações de pão, utilizando plantas halófitas como substitutas do sal comum.

Através do estudo dos extratos das plantas (*A. halimus*, *I. crithmoides* e *S. vera* e *C. album*) foi possível avaliar a quantidade de compostos fenólicos, capacidade antioxidante e açúcares redutores. As plantas podem conter compostos antioxidantes específicos, capazes de reduzir parcialmente o efeito dos pró-oxidantes, uma vez que a que apresenta maior quantidade de ferro, *S. vera*, apresenta também a maior capacidade antioxidante.

Inicialmente, para além da formulação do pão controlo (C), foram elaboradas três formulações de pão com substituição do sal por plantas halófitas, utilizando *A. halimus*, *I. crithmoides* e *S. vera*, tendo-se verificado que apenas uma delas era viável a nível sensorial (formulação com adição de *S. vera*). Posteriormente, foi elaborada uma segunda formulação com a planta *S. vera*, obtendo assim 10%SV (pão com adição de 10,16% de planta relativamente à quantidade de farinha) e 5%SV (pão com adição de 5,08% de planta relativamente à quantidade de farinha).

A adição da planta deu origem a pães enriquecidos a nível nutricional (10%SV rico em fibras e fonte de proteína, C e 5%SV fontes de fibra) e mineral (quantidades significativas de cobre e manganês), com propriedades nutraceuticas e funcionais. Uma vez que, de modo geral, as características texturais são idênticas para todas as formulações testadas, a planta não tem interferência negativa nestes atributos. A planta mostrou ter influência na alteração da cor dos pães, os quais ficaram mais escuros e mais coloridos (mais verdes comparativamente ao pão controlo). A *S. vera* mostrou ter um efeito inibitório no crescimento microbiano, contribuindo para um aumento do tempo de vida útil do pão. O pão 5%SV apresentou valores inferiores comparativamente ao pão 10%SV, mostrando que a concentração da planta tem influência na capacidade de inibir o crescimento de microrganismos. Uma maior quantidade de *S. vera* adicionada pode indicar uma maior quantidade de pró-oxidantes adicionados, o que pode diminuir a eficácia antimicrobiana à medida que se adiciona mais planta ao pão. Assim, é necessário perceber a quantidade ótima a adicionar, para que se possa tirar o máximo proveito da planta. Foram bem aceites a nível sensorial, destacando a maior aceitação da formulação 5%SV (com menor quantidade de sódio) comparativamente a 10%SV, sendo uma boa opção para a redução do consumo de sal/ sódio e consequente melhoria para a saúde do consumidor.

A *S. vera* revelou-se interessante para ser usada como ingrediente alimentar, neste caso como substituta do sal comum, tendo a capacidade de melhoria de diversos componentes no alimento, agregado aos benefícios para a saúde humana.

Futuramente, seria interessante elaborar formulações de pão com a utilização da planta *S. vera* colhida em alturas distintas do ano e em locais distintos, para perceber de que forma estes fatores afetam as características nutricionais, minerais e biológicas da planta. Também seria interessante a incorporação desta planta em alimentos como almôndegas, hambúrgueres, produtos derivados do leite (queijos e manteigas) e snacks saudáveis.

6. Referências bibliográficas

- Abuajah, C. I., Ogbonna, A. C., & Osuji, C. M. (2015). Functional components and medicinal properties of food: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 52(5), 2522–2529. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1396-5>
- Adamczyk, G., Ivanišová, E., Kaszuba, J., Bobel, I., Khvostenko, K., Chmiel, M., & Falendysh, N. (2021). Quality Assessment of Wheat Bread Incorporating Chia Seeds. *Foods*, 10(10), Artigo 10. <https://doi.org/10.3390/foods10102376>
- Alara, O. R., Abdurahman, N. H., & Ukaegbu, C. I. (2021). Extraction of phenolic compounds: A review. *Current Research in Food Science*, 4, 200–214. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.03.011>
- Alfonsus, A. P., Kwa, A. L., Hartono, H., Widjaja, K. G., Josephine, S. T., & Ariska, D. P. (2024). Physicochemical Properties of Bread with the Addition of Green Peas (*Pisum sativum*). *Indonesian Journal of Life Sciences*, 35–45. <https://doi.org/10.54250/ijls.v6i01.185>
- Almeida, J. D. (2024). *Flora-On: Flora de Portugal Interactiva—Hábito Suaeda vera* [Gráfico]. <https://flora-on.pt/>
- Amoah, I., Cairncross, C., Osei, E. O., Yeboah, J. A., Cobbinah, J. C., & Rush, E. (2022). Bioactive Properties of Bread Formulated with Plant-based Functional Ingredients Before Consumption and Possible Links with Health Outcomes After Consumption- A Review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 77(3), 329–339. <https://doi.org/10.1007/s11130-022-00993-0>
- Andrade, S. C., Guiné, R. P. F., & Gonçalves, F. J. A. (2017). Evaluation of phenolic compounds, antioxidant activity and bioaccessibility in white crowberry (*Corema album*). *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11(4), 1936–1946. <https://doi.org/10.1007/s11694-017-9576-4>
- AOAC International. (1997). *Official methods of analysis of AOAC International* (Patricia Cunnif, Ed.; 16 ed, 3 rev).
- Araújo, J. (2024a). *Atriplex halimus*. Museu Virtual Biodiversidade. <https://www.museubiodiversidade.uevora.pt/elenco-de-especies/biodiversidade-actual/plantas/angiospermas/atirplex-halimus/>
- Araújo, J. (2024b). *Suaeda vera*. Museu Virtual Biodiversidade. <https://www.museubiodiversidade.uevora.pt/elenco-de-especies/biodiversidade-actual/plantas/angiospermas/suaeda-vera/>
- Arp, C. G., Correa, M. J., & Ferrero, C. (2018). High-Amylose Resistant Starch as a Functional Ingredient in Breads: A Technological and Microstructural Approach. *Food and Bioprocess Technology*, 11(12), 2182–2193. <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2168-4>
- ASAE. (sem data). *Staphylococcus aureus*. Obtido 11 de setembro de 2024, de <https://www.asae.gov.pt/seguranca-alimentar/riscos-biologicos/staphylococcus-aureus.aspx>

- Baliyan, S., Mukherjee, R., Priyadarshini, A., Vibhuti, A., Gupta, A., Pandey, R. P., & Chang, C.-M. (2022). Determination of Antioxidants by DPPH Radical Scavenging Activity and Quantitative Phytochemical Analysis of *Ficus religiosa*. *Molecules*, 27(4), 1326. <https://doi.org/10.3390/molecules27041326>
- Barroca, M. J., Flores, C., Ressurreição, S., Guiné, R., Osório, N., & Moreira Da Silva, A. (2023). Re-Thinking Table Salt Reduction in Bread with Halophyte Plant Solutions. *Applied Sciences*, 13(9), 5342. <https://doi.org/10.3390/app13095342>
- Barroca, M. J., & Moreira da Silva, A. (2021). From folklore to the nutraceutical world: The *Corema album* potential. Em C. M. Galanakis (Ed.), *Gastronomy and Food Science* (pp. 119–135). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820057-5.00007-8>
- Barros, J. H., & Franco, C. M. (2022). Changes in rheology, quality, and staling of white breads enriched with medium-polymerized inulin. *Food Science and Technology International*, 28(1), 32–39. <https://doi.org/10.1177/1082013221991259>
- Batubara, S. C., & Muliya, N. H. (2023). Quality of Gluten Free Bread with the Addition of Xanthan Gum and Different Kneading Methods. *Food ScienTech Journal*, 5(2), Artigo 2. <https://doi.org/10.33512/fsj.v5i2.20829>
- Belitz, H.-D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). *Food Chemistry* (4.^a ed.). Springer Berlin Heidelberg. <https://tech.chemistrydocs.com/Books/Food%20Chemistry/Food-Chemistry-by-H.D.Belitz-W.Grosch-&-P.Schieberle-4th-revised-and-extended-ed..pdf>
- Belz, M., Ryan, L., & Arendt, E. (2012). The Impact of Salt Reduction in Bread: A Review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 52, 514–524. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.502265>
- Benhammou, N., Bekkara, F. A., & Panovska, T. K. (2009). Antioxidant activity of methanolic extracts and some bioactive compounds of *Atriplex halimus*. *Comptes Rendus. Chimie*, 12(12), 1259–1266. <https://doi.org/10.1016/j.crci.2009.02.004>
- Boen, T. R., Soeiro, B. T., Pereira Filho, E. R., & Lima-Pallone, J. A. (2007). Avaliação do teor de ferro e zinco e composição centesimal de farinhas de trigo e milho enriquecidas. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, 43, 589–596. <https://doi.org/10.1590/S1516-93322007000400012>
- Bortoluzzi, L. C. P. (2020). *Hábitos de Compra e de Consumo de Pão na Região de Bragança em Portugal* [Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para obtenção do Grau de Mestre em Qualidade e Segurança Alimentar no âmbito da dupla diplomação com a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Escola Superior Agrária de Bragança; Universidade Tecnológica Federal do Paraná]. https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/24154/1/Leticia_Bortoluzzi.pdf
- Bourekoua, H., Gawlik-Dziki, U., Różyło, R., Zidoune, M. N., & Dziki, D. (2021). Acerola fruit as a natural antioxidant ingredient for gluten-free bread: An approach to improve bread quality. *Food Science and Technology International*, 27(1), 13–21. <https://doi.org/10.1177/1082013220929152>

- Brás de Oliveira, P., & Dale, A. (2012). *Corema album* (L.) D.Don, the white crowberry—A new crop. *Journal of Berry Research*, 2, 123–133. <https://doi.org/10.3233/JBR-2012-033>
- Bravo, L. (1998). Polyphenols: Chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition Reviews*, 56(11), 317–333. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.1998.tb01670.x>
- Brites, C., & Guerreiro, M. (2008). *O Pão através dos tempos*. Apenas Livros Lda.
- Caba, R. C. (2023, outubro 5). *Qual país consome mais pão anualmente no mundo? E o que menos consome?* Tempo.pt | Meteored. <https://www.tempo.pt/noticias/actualidade/qual-pais-consome-mais-pao-anualmente-no-mundo-e-o-que-menos-consome-alimento.html>
- Cambrussi, A. N. C. O., Lopes, T. B. D. C., Marques, M. C. A., Osajima, J. A., Silva Filho, E. C. D., & Ribeiro, A. B. (2019). Geração de Espécies Reativas na Fotocatálise Heterogênea Para Aplicação ao Desenvolvimento de Ensaio Antioxidantes. Em T. de A. Rodrigues, J. L. Neto, & J. L. Neto, *Meio Ambiente, Sustentabilidade e Agroecologia* 7 (1.^a ed., pp. 124–147). Atena Editora. <https://doi.org/10.22533/at.ed.32319160514>
- Carapeto, A., Araújo, P. V., Clamote, F., Porto, M., Beja, P., Frade, D., Holyoak, D. T., & Chozas, S. (2024). *Corema album* (L.) D.Don—*Mapa de distribuição*. Flora-On: Flora de Portugal Interactiva, Sociedade Portuguesa de Botânica. <http://www.flora-on.pt/#wCorema+album>
- Carapeto, A., Araújo, P. V., Clamote, F., Porto, M., Schwarzer, U., Correia, M. J., Neiva, J., & Cardoso, P. E. (2024). *Inula crithmoides* L. - *mapa de distribuição*. Flora-On: Flora de Portugal Interactiva, Sociedade Portuguesa de Botânica. <http://www.flora-on.pt/#wInula+crithmoides>
- Carapeto, A., Clamote, F., Frade, D., Correia, M. J., Beja, P., Tavares, J. T., Neiva, J., & Gomes, C. T. (2024). *Suaeda vera* Forssk. Ex J.F.Gmel—*Mapa de distribuição*. Flora-On: Flora de Portugal Interactiva, Sociedade Portuguesa de Botânica. <https://flora-on.pt/?q=Suaeda+vera>
- Carapeto, A., Clamote, F., Porto, M., Schwarzer, U., Beja, P., Tavares, J. T., Correia, M. J., & Araújo, P. V. (2024). *Atriplex halimus* L. - *mapa de distribuição*. Flora-On: Flora de Portugal Interactiva, Sociedade Portuguesa de Botânica. <http://www.flora-on.pt/#wAtriplex+halimus>
- Castroviejo, S., Aedo, C., Campo, C. G., Laínz, M., Montserrat, P., Garmendia, F. M., Feliner, G. N., Rico, E., Talavera, S., & Villar, L. (1993). *Flora iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares Vol.4: Vol. IV. Cruciferae-Monotropaceae*. Real Jardín Botánico, C.S.I.C. <https://bibdigital.rjb.csic.es/idurl/1/9900>
- Castroviejo, S., Benedí, C., Buira, A., Rico, E., Crespo, M. B., Quintanar, A., & Aedo, C. (2019). *Flora iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares Vol. 16 (3): Vol. XVI (III). Compositae (partim)*. Real Jardín Botánico, C.S.I.C. <https://bibdigital.rjb.csic.es/idurl/1/1765119>

- Castroviejo, S., Laínz, M., González, G. L., Montserrat, P., Garmendia, F. M., Paiva, J., & Villar, L. (1990). *Flora iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares Vol.2: Vol. II. Platanaceae-Plumbaginaceae (partim)*. Real Jardín Botánico, C.S.I.C. http://www.floraiberica.es/PHP/familias_lista_.php?familia=Chenopodiaceae
- Cauvain, S. P., & Young, L. S. (2007). *Technology of Breadmaking* (2.^a ed.). Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/0-387-38565-7>
- Cerqueira, F. M., Medeiros, M. H. G. de, & Augusto, O. (2007). Antioxidantes dietéticos: Controvérsias e perspectivas. *Química Nova*, 30, 441–449. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000200036>
- Cerquido, A. S., Vojtek, M., Ribeiro-Oliveira, R., Gonçalves-Monteiro, S., Barroca, M. J., Moreira da Silva, A., Viegas, O., Freitas, V., Sousa, J. B., Ferreira, I. M. P. L. V. O., & Diniz, C. (2022). Corema album Leaves Mediate DNA Damage in Triple-Negative Breast Cancer Cells. *Current Issues in Molecular Biology*, 44(8), Artigo 8. <https://doi.org/10.3390/cimb44080246>
- Chozas, S. (2024). *Flora-On | Flora de Portugal—Fruto Corema album* [Gráfico]. <https://flora-on.pt/#/5kzZY>
- Clavel-Coibrié, E., Sales, J. R., da Silva, A. M., Barroca, M. J., Sousa, I., & Raymundo, A. (2021). Sarcocornia perennis: A Salt Substitute in Savory Snacks. *Foods*, 10(12), Artigo 12. <https://doi.org/10.3390/foods10123110>
- CMIA. (sem data). *Suaeda vera*. Obtido 17 de junho de 2024, de <https://ambiente.cm-viana-castelo.pt/bioregisto/suaeda-vera>
- Coelho, N., Gonçalves, S., & Romano, A. (2020). Endemic Plant Species Conservation: Biotechnological Approaches. *Plants*, 9(3), Artigo 3. <https://doi.org/10.3390/plants9030345>
- Color Designer—Simple Color Palette Generator. (sem data). Obtido 5 de setembro de 2024, de <https://colordesigner.io/>
- Continente. (2024a). *Bola de Lenha*. Continente. <https://www.continente.pt/produto/bola-de-lenha-continente-7371764.html>
- Continente. (2024b). *Carcaça Portuguesa*. Continente. <https://www.continente.pt/produto/carcaca-portuguesa-continente-7371774.html>
- Continente. (2024c). *Pão de Trigo Alentejo Massa Mãe*. Continente. <https://www.continente.pt/produto/pao-de-trigo-alentejo-massa-mae-continente-7371810.html>
- Continente. (2024d). *Pão Rústico Massa Mãe*. Continente. <https://www.continente.pt/produto/pao-rustico-massa-mae-continente-7581363.html>
- Conversor de Coordenadas & Deine Berge. (2024). *Inserir coordenadas UTM no Google Maps*. Online-Umrechner in alle gängigen Koordinatensysteme wie UTM, WGS, WGS84 und CH1903, Gauss-Krueger mit grosser Karte. <https://coordinates-converter.com/br/google-maps-utm>

- Costa, S. I. (2013). Espectrofotometria de Absorção Atômica. *Palestras do DPSPDNT, INSA, IP, 29 novembro 2013*. <https://repositorio.insa.pt/handle/10400.18/1920>
- Cowan, J. W., Sakr, A. H., Shadarevian, S. B., & Sabry, Z. I. (1963). Composition of edible wild plants of lebanon. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 14(7), 484–488. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740140707>
- Decreto-Lei n.º 306/2007, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, 164/2007 306/2007 5747 (2007). <https://data.dre.pt/eli/dec-lei/306/2007/08/27/p/dre/pt/html>
- Decreto-Lei n.º 350/2007, Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, 202/2007 350/2007 7684 (2007). <https://data.dre.pt/eli/dec-lei/350/2007/10/19/p/dre/pt/html>
- Demiate, I. M., Wosiacki, G., Czelusniak, C., & Nogueira, A. (2002). DETERMINAÇÃO DE AÇÚCARES REDUTORES E TOTAIS EM ALIMENTOS. COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODO COLORIMÉTRICO E TITULOMÉTRICO. *Publicatio UEPG: Ciências Exatas e da Terra, Agrárias e Engenharias - ATIVIDADES ENCERRADAS*, 8(01), Artigo 01. <https://doi.org/10.5212/publicatio.v8i01.772>
- Denardin, C. C., & Silva, L. P. D. (2009). Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. *Ciência Rural*, 39(3), 945–954. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000003>
- Djordjević, M., Šoronja-Simović, D., Nikolić, I., Djordjević, M., Šereš, Z., & Milašinović-Šeremešić, M. (2019). Sugar beet and apple fibres coupled with hydroxypropylmethylcellulose as functional ingredients in gluten-free formulations: Rheological, technological and sensory aspects. *Food Chemistry*, 295, 189–197. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.066>
- DPLP. (2023). *Dicionário Priberam da Língua Portuguesa (DPLP)*. Dicionário Priberam da Língua Portuguesa. <https://dicionario.priberam.org/carminativa>
- DylluanDew. (2015, abril 23). Salgadeira (*Atriplex halimus* L.). *Herbalist*. <https://lunaedew.wordpress.com/2015/04/23/atriplexhalimus/>
- Elkatry, H. O., Ahmed, A. R., El-Beltagi, H. S., Mohamed, H. I., & Eshak, N. S. (2022). Biological Activities of Grape Seed By-Products and Their Potential Use as Natural Sources of Food Additives in the Production of Balady Bread. *Foods*, 11(13), Artigo 13. <https://doi.org/10.3390/foods11131948>
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP, & WHO. (2023). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2023*. FAO; IFAD; UNICEF; WFP; WHO. <https://doi.org/10.4060/cc3017en>
- Fernandes, R. B. (2007). *Universidade de Coimbra—Herbário da Universidade de Coimbra—Glossário Botânico*. https://www.uc.pt/herbario_digital/learn_botany/glossario
- Ferreira, L. (sem data-a). *Atriplex halimus* | *Plantas da Ilha Deserta*. Life Ilhas Barreira. Obtido 1 de julho de 2024, de <https://www.lifeilhasbarreira.pt/as-ilhas-barreira/atriplex-halimus>

- Ferreira, L. (sem data-b). *Suaeda vera* | *Plantas da Ilha Deserta*. Life Ilhas Barreira. Obtido 17 de junho de 2024, de <https://www.lifeilhasbarreira.pt/as-ilhas-barreira/suaeda-vera/>
- Figueira, F. da S., Crizel, T. de M., Silva, C. R., & Salas-Mellado, M. de las M. (2011). Pão sem gluten enriquecido com a microalga *Spirulina platensis*. *Brazilian Journal of Food Technology*, 14, 308–316. <https://doi.org/10.4260/BJFT2011140400037>
- Flora-On. (2024a). *Atriplex halimus*. Flora-On: Flora de Portugal Interactiva. <https://flora-on.pt/?q=Atriplex+halimus>
- Flora-On. (2024b). *Corema album*. Flora-On: Flora de Portugal Interactiva. <https://flora-on.pt/?q=Corema+album>
- Flora-On. (2024c). *Inula crithmoides*. Flora-On: Flora de Portugal Interactiva. <https://flora-on.pt/?q=Inula+crithmoides>
- Flora-On. (2024d). *Suaeda vera*. Flora-On: Flora de Portugal Interactiva. <https://flora-on.pt/?q=Suaeda+vera>
- Flowers, T. J., Hajibagheri, M. A., & Clipson, N. J. W. (1986). Halophytes. *The Quarterly Review of Biology*, 61(3), 313–337. <https://doi.org/10.1086/415032>
- Franco, J. E., & Braga, I. D. (2023). *História Global da Alimentação Portuguesa* (1.^a ed.). Temas e Debates. <http://hdl.handle.net/10400.2/13773>
- Gao, Y., Liu, T., Su, C., Li, Q., & Yu, X. (2022). Fortification of Chinese steamed bread with flaxseed flour and evaluation of its physicochemical and sensory properties. *Food Chemistry: X*, 13, 100267. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100267>
- Genro, T. C. M., & Orqis, M. G. (2008). Informações básicas sobre coleta de amostras e principais análises químico-bromatológicas de alimentos destinados à produção de ruminantes. *Comitê Local de Publicações da Embrapa Pecuária Sul*, 24.
- Georget, J. (2023). *Study of minerals and nutritional value of halophytic plants: Inula crithmoides, Atriplex halimus and Suaeda vera*. [License Professionnelle en Qualité et Sécurité des Aliments]. Université de Lille.
- Ghenou, A. M., Geadicke, J. P., Müller, L., Stoffel, F., & Barbosa, R. G. (2022). Avaliação de atributos tecnológicos de pão francês com adição de farinhas de vegetais. *Brazilian Journal of Food Technology*, 25, e2021113. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.11321>
- Giordano, M. E., Caricato, R., & Lionetto, M. G. (2020). Concentration Dependence of the Antioxidant and Prooxidant Activity of Trolox in HeLa Cells: Involvement in the Induction of Apoptotic Volume Decrease. *Antioxidants*, 9(11), Artigo 11. <https://doi.org/10.3390/antiox9111058>
- Goesaert, H., Brijs, K., Veraverbeke, W. S., Courtin, C. M., Gebruers, K., & Delcour, J. A. (2005). Wheat flour constituents: How they impact bread quality, and how to impact their functionality. *Trends in Food Science & Technology*, 16(1), 12–30. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2004.02.011>
- Google Maps. (2024). *Google Maps*. <https://www.google.pt/maps>

- Guarienti, E. M. (1996). Qualidade Industrial de Trigo. *Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 2ed*, 36.
- Guiné, R., Andrade, S., & Gonçalves, F. (2017). Contribution for the physical-chemical characterization of Portuguese Crowberry (*Corema album*). *International Journal of Food Science and Nutrition*, 2, 9–14.
- Gul, K., Singh, A. K., & Jabeen, R. (2016). Nutraceuticals and Functional Foods: The Foods for the Future World. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(16), 2617–2627. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.903384>
- Gumul, D., Ziobro, R., Korus, J., & Kruczek, M. (2021). Apple Pomace as a Source of Bioactive Polyphenol Compounds in Gluten-Free Breads. *Antioxidants*, 10(5), Artigo 5. <https://doi.org/10.3390/antiox10050807>
- Harris, G. K., & Marshall, M. R. (2017). Ash Analysis. Em S. S. Nielsen (Ed.), *Food Analysis* (pp. 287–297). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45776-5_16
- Herbari Virtual del Mediterrani Occidental. (sem data-a). *Limbarda crithmoides (L.) Dumort. Subsp. Longifolia (Arcang.) Greuter* [Area of Botany, Department of Biology, University of the Balearic Islands]. Herbari Virtual Del Mediterrani Occidental. Obtido 18 de julho de 2024, de <http://herbarivirtual.uib.es/en/general/762/especie/inula-crithmoides-l-subsp-longifolia-arcang->
- Herbari Virtual del Mediterrani Occidental. (sem data-b). *Suaeda vera Forsskal ex J.F. Gmelin* [Area of Botany, Department of Biology, University of the Balearic Islands]. Herbari Virtual Del Mediterrani Occidental. Obtido 17 de junho de 2024, de <http://herbarivirtual.uib.es/en/general/223/especie/suaeda-vera-forsskal-ex-j-f-gmelin>
- Hermann, J. R. (2021, janeiro 4). *Protein and the Body*. 4.
- INE. (2015). *Instituto Nacional de Estatística—Estatísticas Agrícolas: 2014*. <https://www.ine.pt/xurl/pub/224773630>
- INE. (2016). *Instituto Nacional de Estatística—Estatísticas Agrícolas: 2015*. <https://www.ine.pt/xurl/pub/271434407>
- INE. (2017). *Instituto Nacional de Estatística—Estatísticas Agrícolas: 2016*. <https://www.ine.pt/xurl/pub/277047595>
- INE. (2018). *Instituto Nacional de Estatística—Estatísticas Agrícolas: 2017*. <https://www.ine.pt/xurl/pub/320461359>
- INE. (2019). *Instituto Nacional de Estatística—Estatísticas Agrícolas: 2018*. <https://www.ine.pt/xurl/pub/358629204>
- INE. (2021). *Instituto Nacional de Estatística—Estatísticas Agrícolas: 2020*. <https://www.ine.pt/xurl/pub/437147278>
- INE. (2022). *Instituto Nacional de Estatística—Estatísticas Agrícolas: 2021*. <https://www.ine.pt/xurl/pub/31589846>

- INE. (2023). *Instituto Nacional de Estatística—Estatísticas Agrícolas: 2022*. <https://www.ine.pt/xurl/pub/137687>
- INSDRJ. (2019). *Interpretação dos resultados de ensaios microbiológicos em alimentos prontos para consumo e em superfícies do ambiente de produção e distribuição alimentar: Valores-guia*. INSDRJ: Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge, IP. <http://hdl.handle.net/10400.18/5610>
- INSDRJ. (2023). *Tabela da Composição de Alimentos versão 6.0*. INSDRJ: Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge, IP. <http://portfir.insa.pt>
- Jacob, H. E. (2023). *6000 Anos de Pão*. <https://www.livrariasnob.pt/product/6000-anos-de-pao>
- Jain, A., Jain, R., & Jain, S. (2020). Quantitative Analysis of Reducing Sugars by 3, 5-Dinitrosalicylic Acid (DNSA Method). Em A. Jain, R. Jain, & S. Jain (Eds.), *Basic Techniques in Biochemistry, Microbiology and Molecular Biology: Principles and Techniques* (pp. 181–183). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-9861-6_43
- Jardim Botânico UTAD. (2024a). *Jardim Botânico UTAD | Espécie Atriplex halimus*. Jardim Botânico UTAD. https://jb.utad.pt/especie/Atriplex_halimus
- Jardim Botânico UTAD. (2024b). *Jardim Botânico UTAD | Espécie Corema album*. Jardim Botânico UTAD. https://jb.utad.pt/especie/Corema_album
- Jardim Botânico UTAD. (2024c). *Jardim Botânico UTAD | Espécie Limbarda crithmoides*. Jardim Botânico UTAD. https://jb.utad.pt/especie/Limbarda_crithmoides
- Jardim Botânico UTAD. (2024d). *Jardim Botânico UTAD | Espécie Suaeda vera*. Jardim Botânico UTAD. https://jb.utad.pt/especie/Suaeda_vera
- Junejo, S. A., Rashid, A., Yang, L., Xu, Y., Kraithong, S., & Zhou, Y. (2021). Effects of spinach powder on the physicochemical and antioxidant properties of *durum* wheat bread. *LWT*, 150, 112058. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112058>
- Karadag, A., Ozcelik, B., & Saner, S. (2009). Review of Methods to Determine Antioxidant Capacities. *Food Analytical Methods*, 2, 41–60. <https://doi.org/10.1007/s12161-008-9067-7>
- Konica Minolta. (sem data). Entendendo o Espaço de Cor L*a*b*. *Konica Minolta Sensing*. Obtido 5 de setembro de 2024, de <https://sensing.konicaminolta.us/br/blog/entendendo-o-espaco-de-cor-lab/>
- Kowalski, S., Mikulec, A., Mickowska, B., Skotnicka, M., & Mazurek, A. (2022). Wheat bread supplementation with various edible insect flours. Influence of chemical composition on nutritional and technological aspects. *LWT*, 159, 113220. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113220>
- Langhe, J. D. (2022, outubro 10). *Fleshy perianths and leaves on Suaeda vera*. *Suaeda vera* Forskål ex J. F. Gmel. <https://www.treesandshrubsonline.org/articles/suaeda/suaeda-vera/>
- Larkum, A. W. D., Orth, R. J., & Duarte, C. M. (2006). *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2983-7>

- Lei n.º 75/2009, Assembleia da República, 155/2009 75/2009 5225 (2009). <https://data.dre.pt/eli/lei/75/2009/08/12/p/dre/pt/html>
- Lima, A. (2021). *Camarinha: Uma planta da zona costeira a divulgar e proteger. Resultados e desafios futuros do Projeto Emc2 'Explorar Matos de Camarinha da Costa'* (Universidade Nova de Lisboa. Faculdade de Ciências e Tecnologia). NOVA FCT. https://www.researchgate.net/publication/356833005_Camarinha_uma_planta_da_zona_costeira_a_divulgar_e_proteger_Resultados_e_desafios_futuros_do_Projeto_Emc_2_'Explorar_Matos_de_Camarinha_da_Costa'
- Lima, A., Gama, F., Castañeda-Loaiza, V., Costa, C., Schüler, L. M., Santos, T., Salazar, M., Nunes, C., Cruz, R. M. S., Varela, J., & Barreira, L. (2021). Nutritional and Functional Evaluation of *Inula crithmoides* and *Mesembryanthemum nodiflorum* Grown in Different Salinities for Human Consumption. *Molecules*, 26(15), Artigo 15. <https://doi.org/10.3390/molecules26154543>
- Maietti, A., Tedeschi, P., Catani, M., Stevanin, C., Pasti, L., Cavazzini, A., & Marchetti, N. (2021). Nutrient Composition and Antioxidant Performances of Bread-Making Products Enriched with Stinging Nettle (*Urtica dioica*) Leaves. *Foods*, 10(5), Artigo 5. <https://doi.org/10.3390/foods10050938>
- Mamat, H. B., Wan Chen, Y., Abdul Hamid, M., Md Haque Akanda, J., Pusiran, A. K., & Zainol, M. K. (2021). Assessment of dough rheological characteristics and soft bread roll quality of wheat flour incorporated with seaweed powder. *British Food Journal*, 123(12), 3888–3901. <https://doi.org/10.1108/BFJ-08-2020-0676>
- Marinho, R., Amaral, S. M., da Silva, F., Almeida, A., Silva, Y., Oliveira, A., Silva, F. T. D., Azevedo, R., Silva, G., Dantas, B., Medeiros, M., & Damaceno, M. (2021). Elaboração e avaliação de pão integral enriquecido com farinha de banana verde / Preparation and evaluation of whole wheat bread enriched with green banana flour. *Brazilian Journal of Development*, 7, 89421–89434. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n9-212>
- Marques, J., Martin, D., Amado, A. M., Lysenko, V., Osório, N., Batista de Carvalho, L. A. E., Marques, M. P. M., Barroca, M. J., & Moreira da Silva, A. (2021). Novel Insights into *Corema album* Berries: Vibrational Profile and Biological Activity. *Plants*, 10(9), Artigo 9. <https://doi.org/10.3390/plants10091761>
- Marques, M. (2018, dezembro 21). O que significa RGB? Tudo sobre esse Sistema de Cores! *Afixgraf*. <https://www.afxgraf.com.br/blog/o-que-significa-rgb/>
- Martínez-Varea, C. M., Ferrer-Gallego, P. P., Raigón, M. D., Badal, E., Ferrando-Pardo, I., Laguna, E., Real, C., Roman, D., & Villaverde, V. (2019). *Corema album* archaeobotanical remains in western Mediterranean basin. Assessing fruit consumption during Upper Palaeolithic in Cova de les Cendres (Alicante, Spain). *Quaternary Science Reviews*, 207, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2019.01.004>
- Martins, J. N., Oliveira, E. N. A. de, & Santos, D. da C. (2012). Estudo da absorção de água em misturas de farinhas de trigo de diferentes marcas comerciais. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 7(4), Artigo 4.

- McCann, T. H., & Day, L. (2013). Effect of sodium chloride on gluten network formation, dough microstructure and rheology in relation to breadmaking. *Journal of Cereal Science*, 57(3), 444–452. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.01.011>
- Mfotie Njoya, E. (2021). Chapter 31—Medicinal plants, antioxidant potential, and cancer. Em V. R. Preedy & V. B. Patel (Eds.), *Cancer (Second Edition)* (pp. 349–357). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819547-5.00031-6>
- Miguel, Â., Martins-Meyer, T., Figueiredo, É., Lobo, B., & Dellamora-Ortiz, G. (2013). *Enzymes in Bakery: Current and Future Trends* (pp. 287–321). <https://doi.org/10.5772/53168>
- Mohamed, R. A., Khalil, W. F., & Zaghloul, M. S. (2024). Antioxidant and Anti-Inflammatory Activities of Suaeda vera. *SCVMJ*, XXIX (1) 2024, 21. <https://doi.org/10.21608/scvmj.2024.271626.1162>
- Mondal, A., & Datta, A. K. (2008). Bread baking – A review. *Journal of Food Engineering*, 86(4), 465–474. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.11.014>
- Montevecchi, G., Santunione, G., Licciardello, F., Köker, Ö., Masino, F., & Antonelli, A. (2022). Enrichment of wheat flour with Spirulina. Evaluation of thermal damage to essential amino acids during bread preparation. *Food Research International*, 157, 111357. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111357>
- Moreira, P., Sousa, A. S., Guerra, R. S., Santos, A., Borges, N., Afonso, C., Amaral, T. F., & Padrão, P. (2018). Sodium and potassium urinary excretion and their ratio in the elderly: Results from the Nutrition UP 65 study. *Food & Nutrition Research*. <https://doi.org/10.29219/fnr.v62.1288>
- Müller, D. C., Nguyen, H., Li, Q., Schönlechner, R., Miescher Schwenninger, S., Wismer, W., & Gänzle, M. (2021). Enzymatic and microbial conversions to achieve sugar reduction in bread. *Food Research International*, 143, 110296. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110296>
- Murillo, J. M., Barroso, M., Mazuelos, C., & Sarmiento, R. (1987). Nutritional and fertiliser values of Suaeda vera J. F. Gmelin. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 41(2), 115–122. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740410204>
- Mzoughi, Z., & Majdoub, H. (2021). Pectic polysaccharides from edible halophytes: Insight on extraction processes, structural characterizations and immunomodulatory potentials. *International Journal of Biological Macromolecules*, 173, 554–579. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.01.144>
- Nabti, B., Bammoune, N., Meliani, H., & Stambouli, B. (2023). Antioxidant and antimicrobial activities of Spirulina from the region of Tamanrasset, Algeria. *Journal of Herbal Medicine*, 41, 100748. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2023.100748>
- Naturdata. (2022). *Espécie Inula crithmoides*. Naturdata - Biodiversidade em Portugal. <https://naturdata.com/especie/Inula-crithmoides/38618/0/>
- Nielsen, S. S. (2010). Determination of Moisture Content. Em S. S. Nielsen (Ed.), *Food Analysis Laboratory Manual* (pp. 17–27). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1463-7_3

- Occidental, H. V. del M. (sem data). *Atriplex halimus* L. [Area of Botany, Department of Biology, University of the Balearic Islands]. Herbari Virtual Del Mediterrani Occidental. Obtido 1 de julho de 2024, de <http://herbarivirtual.uib.es/en/general/225/especie/ozagra>
- Oliveira, A. N. de, Oliveira, L. A. de, Andrade, J. S., & Chagas-Júnior, A. F. (2007). Produção de amilase por rizóbios, usando farinha de pupunha como substrato. *Food Science and Technology*, 27, 61–66. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612007000100011>
- Oliveira, M. M., & Sapata, M. M. (2018). *Hortícolas alternativas cultivadas em ambientes salinos*.
- Orrego, F., De La Fuente, L. M., Gómez, M., & Ginocchio, R. (2018). Diversidad de halófitas chilenas: Distribución, origen y hábito. *Gayana. Botánica*, 75(2), 555–567. <https://doi.org/10.4067/S0717-66432018000200555>
- Pagani, T., Bulegon, R., Lutinski, A., Sehn, G. A. R., Bampi, M., & Dinon, A. Z. (2023). Características do pão de forma elaborado com diferentes concentrações de farinha de ervilha. *Revista Latinoamericana Ambiente e Saúde*, 5(3 (especial)), 124–129.
- Papanikou, E., & Mavromichalis, I. (2021, agosto 10). *Ideal fiber profile: A novel approach to pig nutrition*. Feed Strategy. <https://www.feedstrategy.com/animal-nutrition/article/15442265/ideal-fiber-profile-a-novel-approach-to-pig-nutrition>
- Parapouli, M., Vasileiadis, A., Afendra, A.-S., & Hatziloukas, E. (2020). *Saccharomyces cerevisiae* and its industrial applications. *AIMS Microbiology*, 6(1), 1–31. <https://doi.org/10.3934/microbiol.2020001>
- Pareyt, B., Finnie, S. M., Putseys, J. A., & Delcour, J. A. (2011). Lipids in bread making: Sources, interactions, and impact on bread quality. *Journal of Cereal Science*, 54(3), 266–279. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.08.011>
- Pecyna, A., Buczaj, A., Różyło, R., & Kobus, Z. (2023). Physical and Antioxidant Properties of Innovative Gluten-Free Bread with the Addition of Hemp Inflorescence. *Applied Sciences*, 13(8), Artigo 8. <https://doi.org/10.3390/app13084889>
- Pereira, A. J. (2024a). *Flora-On | Flora de Portugal—Flor Corema album* [Gráfico]. <https://flora-on.pt/#/5Qq7a>
- Pereira, A. J. (2024b). *Flora-On | Flora de Portugal—Folha Atriplex halimus* [Gráfico]. <https://flora-on.pt/#/5nVGD>
- Pereira, A. J. (2024c). *Flora-On | Flora de Portugal—Hábito Atriplex halimus* [Gráfico]. <https://flora-on.pt/#/5vUWT>
- Pereira, A. J. (2024d). *Flora-On | Flora de Portugal—Hábito Corema album* [Gráfico]. <https://flora-on.pt/#/50bb5>
- Pereira, A. J. (2024e). *Flora-On: Flora de Portugal Interactiva—Flor Suaeda vera* [Gráfico]. <https://flora-on.pt/>
- Pérez, M., Dominguez-López, I., & Lamuela-Raventós, R. M. (2023). The Chemistry Behind the Folin–Ciocalteu Method for the Estimation of (Poly)phenol Content in Food: Total Phenolic Intake in a Mediterranean Dietary Pattern. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 71(46), 17543–17553. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c04022>

- Pérez-Jiménez, J., Arranz, S., Tabernero, M., Diaz-Rubio, M. E., Serrano, J., Goñi, I., & Saura-Calixto, F. (2008). Updated methodology to determine antioxidant capacity in plant foods, oils and beverages: Extraction, measurement and expression of results. *Food Research International*, 41, 274–285. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2007.12.004>
- Petropoulos, S. A., Karkanis, A., Martins, N., & Ferreira, I. C. F. R. (2018). Edible halophytes of the Mediterranean basin: Potential candidates for novel food products. *Trends in Food Science & Technology*, 74, 69–84. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.02.006>
- Pires, A., Agreira, S., Ressurreição, S., Marques, J., Guiné, R., Barroca, M. J., & Moreira da Silva, A. (2021). Sea Purslane as an Emerging Food Crop: Nutritional and Biological Studies. *Applied Sciences*, 11(17), Artigo 17. <https://doi.org/10.3390/app11177860>
- Portaria n.º 52/2015, Ministérios da Economia, da Agricultura e do Mar e da Saúde, 40/2015 52/2015 1202 (2015). <https://data.dre.pt/eli/port/52/2015/02/26/p/dre/pt/html>
- Portaria n.º 254/2003, Ministérios da Economia, da Agricultura, Desenvolvimento Rural e Pescas, da Saúde e das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente, 66/2003 254/2003 1861 (2003). <https://data.dre.pt/eli/port/254/2003/03/19/p/dre/pt/html>
- Portaria n.º 513/74, Ministério da Economia - Secretaria de Estado do Abastecimento e Preços, 192/1974 513/74 11 (1974). <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/portaria/513-1974-184215>
- Porto, M. (2024a). *Flora-On | Flora de Portugal—Bráctea Inula crithmoides* [Gráfico]. <https://flora-on.pt/#/5B27v>
- Porto, M. (2024b). *Flora-On | Flora de Portugal—Caule Atriplex halimus* [Gráfico]. <https://flora-on.pt/>
- Porto, M. (2024c). *Flora-On | Flora de Portugal—Flor Atriplex halimus* [Gráfico]. <https://flora-on.pt/#/5XZij>
- Porto, M. (2024d). *Flora-On | Flora de Portugal—Flor Inula crithmoides* [Gráfico]. <https://flora-on.pt/#/5jiZ6>
- Porto, M. (2024e). *Flora-On | Flora de Portugal—Folha Corema album* [Gráfico]. <https://flora-on.pt/#/hxncD>
- Porto, M. (2024f). *Flora-On | Flora de Portugal—Folha Inula crithmoides* [Gráfico]. <https://flora-on.pt/#/5xkUZ>
- Porto, M. (2024g). *Flora-On | Flora de Portugal—Fruto Inula crithmoides* [Gráfico]. <https://flora-on.pt/#/5Ypdv>
- Porto, M. (2024h). *Flora-On | Flora de Portugal—Habitat Corema album* [Gráfico]. <https://flora-on.pt/#/5N49o>
- Porto, M. (2024i). *Flora-On | Flora de Portugal—Ramo Corema album* [Gráfico]. <https://flora-on.pt/#/5OOSp>
- Porto, M. (2024j). *Flora-On: Flora de Portugal Interactiva—Folha Suaeda vera* [Gráfico]. <https://flora-on.pt/>

- Porto, M. (2024k). *Flora-On: Flora de Portugal Interactiva—Hábito Inula crithmoides* [Gráfico]. <https://flora-on.pt/#/5cXdy>
- Porto, M. (2024l). *Flora-On: Flora de Portugal Interactiva—Ramo Suaeda vera* [Gráfico]. <https://flora-on.pt/>
- Pycia, K., & Ivanišová, E. (2020). Physicochemical and Antioxidant Properties of Wheat Bread Enriched with Hazelnuts and Walnuts. *Foods*, 9(8), Artigo 8. <https://doi.org/10.3390/foods9081081>
- Queiroz, S. de S. (2001). *Temas de nutrição em pediatria*. Nestlé; Departamento de Nutrição da Sociedade de Pediatria. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.sbp.com.br/fileadmin/user_upload/img/documentos/temas2001.pdf
- Regulamento (CE) n.º 1924/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho, Parlamento Europeu e do Conselho, 404 1924/2006 9 (2006). <http://data.europa.eu/eli/reg/2006/1924/oj>
- Regulamento (UE) n.º 1169/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho, Parlamento Europeu e do Conselho, 304 1169/2011 18 (2011). <http://data.europa.eu/eli/reg/2011/1169/oj>
- Reinhart, P. (2016). *The bread baker's apprentice: Mastering the art of extraordinary bread*. TEN SPEED PRESS. <https://lccn.loc.gov/2016015576>
- Ribeiro, E. P., & Seravalli, E. A. G. (2007). *Química de alimentos*. Editora Blucher.
- Romano, A., Gallo, V., Ferranti, P., & Masi, P. (2021). Lentil flour: Nutritional and technological properties, *in vitro* digestibility and perspectives for use in the food industry. *Current Opinion in Food Science*, 40, 157–167. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.04.003>
- Ropciuc, S., Oroian, M., Leahu, A., & Damian, C. (2021). Evaluation of the rheological properties of the dough and the characteristics of the bread with the addition of purple potato. *Ovidius University Annals of Chemistry*, 32(2), 125–131. <https://doi.org/10.2478/auoc-2021-0019>
- Roth, A. (2021, julho 19). *O pão de Pompeia*. www.nationalgeographic.pt. https://www.nationalgeographic.pt/historia/o-pao-pompeia_2708
- Rysová, J., & Šmídová, Z. (2021). Effect of Salt Content Reduction on Food Processing Technology. *Foods*, 10(9), Artigo 9. <https://doi.org/10.3390/foods10092237>
- Sandulachi, E. (2012). *WATER ACTIVITY CONCEPT AND ITS ROLE IN FOOD PRESERVATION*.
- Santos, A. A. dos, Deoti, J. R., Müller, G., Dário, M. G., Stambuk, B. U., & Alves, S. L. (2017). Dosagem de açúcares redutores com o reativo DNS em microplaca. *Brazilian Journal of Food Technology*, 20. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.11315>
- Santos, F. D. (2021). *Alterações Climáticas*. Fundação Francisco Manuel Dos Santos.
- Scheuer, P., de Francisco, A., Miranda, M., & Limberger, V. (2011). TRIGO: CARACTERÍSTICAS E UTILIZAÇÃO NA PANIFICAÇÃO. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 13, 211–222. <https://doi.org/10.15871/1517-8595/rbpa.v13n2p211-222>

- Silva, S. C. G., Pinho, J. P., Borges, C., Santos, C. T., Santos, A., & Graça, P. (2015). *Linhas de Orientação Para Uma Alimentação Vegetariana Saudável* (Programa Nacional para a Promoção da Alimentação Saudável, Direção Geral da Saúde). <https://nutrimento.pt/activeapp/wp-content/uploads/2015/07/Linhas-de-Orienta%C3%A7%C3%A3o-para-uma-Alimenta%C3%A7%C3%A3o-Vegetariana-Saud%C3%A1vel.pdf>
- Simões, L. M. da S. (2018). *Desenvolvimento de Estratégias para a Valorização de uma Planta Endógena da Costa Marítima Portuguesa: A Corema album (L.) D. Don* [Relatório de Estágio Profissionalizante apresentada à Escola Superior Agrária de Coimbra para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de mestre em Biotecnologia, Escola Superior Agrária de Coimbra]. <http://hdl.handle.net/10400.26/28200>
- Sirovs, M. (2017, outubro 2). *Jardim Botânico UTAD | Multimedia 13319*. Jardim Botânico UTAD. <http://jb.utad.pt/multimedia/13319>
- Soto, J. A. C. (2021, agosto 24). *Análisis químico bromatológico*. <https://www.slideshare.net/slideshow/analisis-quimico-bromatologico-250042134/250042134>
- Souza, M. A. de, Detmann, E., Franco, M. de O., Batista, E. D., Rocha, G. C., Valadares Filho, S. de C., & Saliba, E. de O. S. (2016). Estudo colaborativo para avaliação dos teores de proteína bruta em alimentos utilizando o método de *Kjeldhal*. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 17, 696–709. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402016000400013>
- Swinney, D. C. (2011). Chapter 18—Molecular Mechanism of Action (MMoA) in Drug Discovery. Em J. E. Macor (Ed.), *Annual Reports in Medicinal Chemistry* (Vol. 46, pp. 301–317). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386009-5.00009-6>
- Texture Analysis Professionals. (2014, agosto 28). Texture Analysis Professionals Blog: Texture Analysis in action: the Bread V Squeeze Rig. *Texture Analysis Professionals Blog*. <https://textureanalysisprofessionals.blogspot.com/2014/08/texture-analysis-in-action-bread-v.html>
- Tommasi, M. (2023, julho 4). *A dieta Egípcia: Pão, cerveja, fruta e legumes*. National Geographic. https://www.nationalgeographic.pt/historia/a-dieta-egipcia-pao-cerveja-fruta-e-legumes_3033
- Trinh, L., Lowe, T., Campbell, G. M., Withers, P. J., & Martin, P. J. (2015). Effect of sugar on bread dough aeration during mixing. *Journal of Food Engineering*, 150, 9–18. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.10.020>
- Tuhumury, H., Small, D., & Day, L. (2014). The effect of sodium chloride on gluten network formation and rheology. *Journal of Cereal Science*, 60. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2014.03.004>
- USDA. (2024). *Limbarda crithmoides (L.) Dumort.* GRIN-Global. Agricultural Research Service, National Plant Germplasm System. <https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxon/taxonomydetail?id=475436>

- UTAD. (2024). *Glossário de Termos*. <http://jbm.utad.pt/glossario.php?tgl=1>
- Verma, S., Singh, A., & Mishra, A. (2013). Gallic acid: Molecular rival of cancer. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 35(3), 473–485. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2013.02.011>
- Videla, L. A., Fernández, V., Tapia, G., & Varela, P. (2003). Oxidative stress-mediated hepatotoxicity of iron and copper: Role of Kupffer cells. *Biometals: An International Journal on the Role of Metal Ions in Biology, Biochemistry, and Medicine*, 16(1), 103–111. <https://doi.org/10.1023/a:1020707811707>
- Walker, D. J., Lutts, S., Sánchez-García, M., & Correal, E. (2014). *Atriplex halimus* L.: Its biology and uses. *Journal of Arid Environments*, 100–101, 111–121. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2013.09.004>
- Wang, S., Austin, P., & Bell, S. (2011). It's a maze: The pore structure of bread crumbs. *Journal of Cereal Science*, 54(2), 203–210. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.05.004>
- WHO. (2012). *Guideline: Sodium intake for adults and children*. World Health Organization. <https://iris.who.int/handle/10665/77985>
- Wickens, G. E., Field, D. V., & Goodin, J. R. (2012). *Plants for Arid Lands: Proceedings of the Kew International Conference on Economic Plants for Arid Lands held in the Jodrell Laboratory, Royal Botanic Gardens, Kew, England, 23–27 July 1984*. Springer Science & Business Media.
- Wójcik, M., Różyło, R., Schönlechner, R., Matwijczuk, A., & Dziki, D. (2022). Low-Carbohydrate, High-Protein, and Gluten-Free Bread Supplemented with Poppy Seed Flour: Physicochemical, Sensory, and Spectroscopic Properties. *Molecules*, 27(5), Artigo 5. <https://doi.org/10.3390/molecules27051574>
- World of Statistics. (2023, outubro 20). *Bread consumption (annual per capita)*. https://x.com/stats_feed/status/1704478223688413343
- Ziobro, R., Ivanišová, E., Bojňanská, T., & Gumul, D. (2022). Retention of Antioxidants from Dried Carrot Pomace in Wheat Bread. *Applied Sciences*, 12(19), Artigo 19. <https://doi.org/10.3390/app12199735>

7. Anexos

Anexo I – Mapa da Península Ibérica (Portugal e Espanha) e respetiva legenda dos códigos provinciais

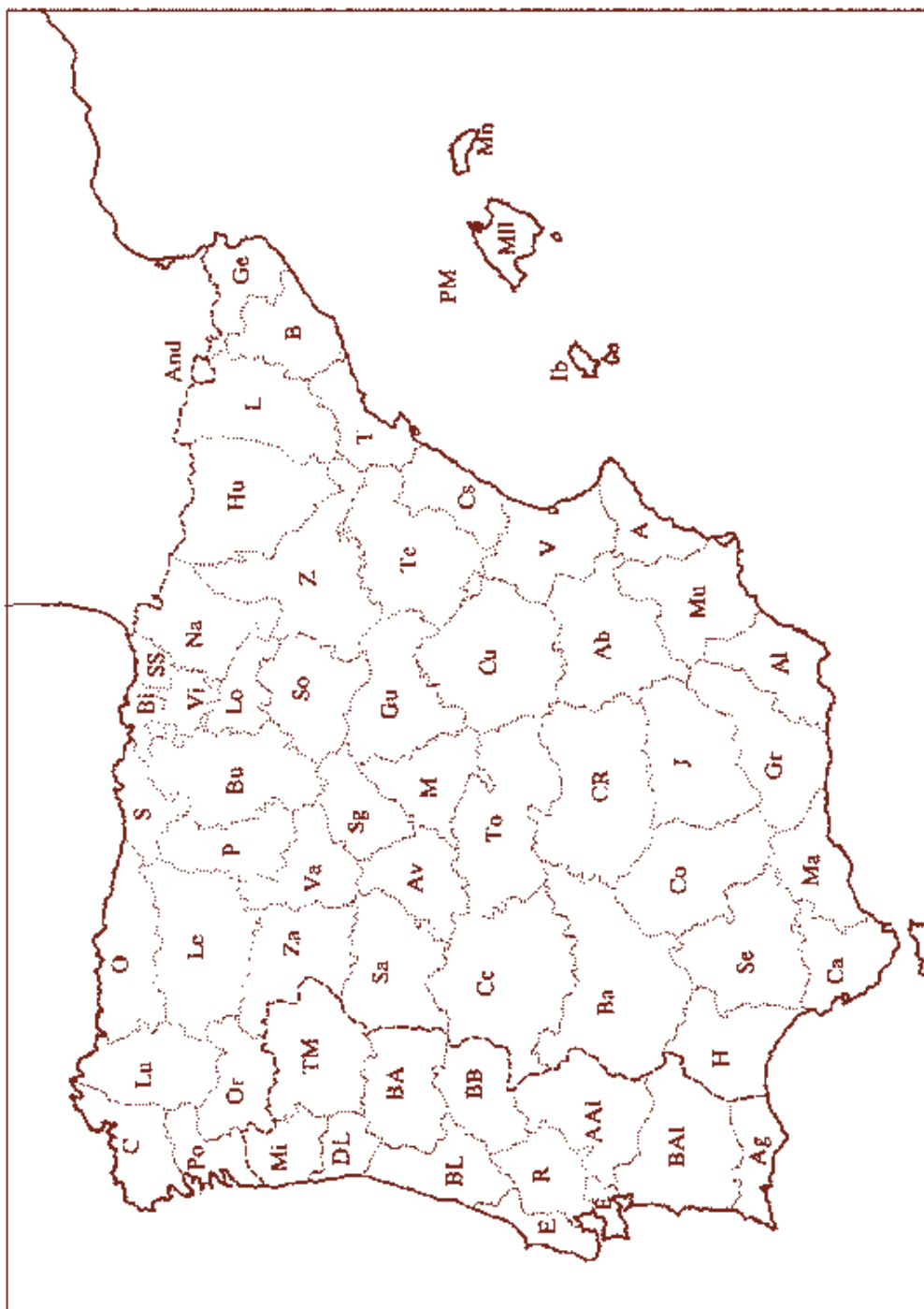


Figura 49 – Mapa da Península Ibérica (Portugal e Espanha), retirado de (Castroviejo et al., 1990)

ESPAÑA		Le	León	SS	Guipúzcoa
A	Alicante	Lo	La Rioja	T	Tarragona
Ab	Albacete		(Logroño)	Te	Teruel
Al	Almería	Lu	Lugo	To	Toledo
Av	Ávila	M	Madrid	V	Valencia
B	Barcelona	Ma	Málaga	Va	Valladolid
Ba	Badajoz	Mu	Murcia	Vi	Álava
Bi	Vizcaya	Na	Navarra	Z	Zaragoza
Bu	Burgos	O	Asturias	Za	Zamora
C	La Coruña		(Oviedo)		
Ca	Cádiz	Or	Orense	PORTUGAL	
Cc	Cáceres	P	Palencia	AAI	Alto Alentejo
Co	Córdoba	PM	Islas Baleares	Ag	Algarve
CR	Ciudad Real	Ml	Mallorca	BA	Beira Alta
Cs	Castellón	Mn	Menorca	BAI	Baixo Alentejo
Cu	Cuenca	Ib	Ibiza	BB	Beira Baixa
Ge	Gerona	Po	Pontevedra	BL	Beira Litoral
Gr	Granada	S	Cantabria	DL	Douro Litoral
Gu	Guadalajara		(Santander)	E	Estremadura
H	Huelva	Sa	Salamanca	Mi	Minho
Hu	Huesca	Se	Sevilla	R	Ribatejo
J	Jaén	Sg	Segovia	TM	Trás-os-Montes
L	Lérida	So	Soria		(Alto Douro)

Figura 50 – Legenda dos códigos provinciais constantes no mapa da Península Ibérica, retirado de (Castroviejo et al., 1990)

Anexo II – Metodologia das análises da composição nutricional e mineral do pão

II.1. Composição nutricional

II.1.1. Humidade

A humidade é um dos fatores mais importantes a determinar de um alimento, uma vez que é necessário para efetuar os cálculos dos restantes constituintes do alimento (Nielsen, 2010).

A humidade a 105°C do pão foi determinada de acordo com o método 926.05 da AOAC, em triplicado e um branco para cada amostra.

Começou-se por colocar cadinhos a secar numa estufa (Memmert, Alemanha), a 105°C durante 4 horas e, após serem arrefecidos num exsicador, mediu-se a massa dos mesmos, com o auxílio de uma balança analítica (Lantechnics 2104N). De seguida, colocou-se aproximadamente 2 gramas de amostra (previamente secada a 65°C) em cada cadinho, registando a massa de cada cadinho com a respetiva amostra, com o auxílio de uma balança analítica (Lantechnics 2104N). Os cadinhos com a amostra foram colocados numa estufa (Memmert, Alemanha), a 105°C durante 2 horas e, após arrefecidos em exsicador, mediu-se de novo a massa com o auxílio de uma balança analítica (Lantechnics 2104N).

II.1.2. Cinza

O teor de cinzas refere-se ao resíduo inorgânico resultante da incineração da amostra, sendo este processo essencial para proceder a uma análise mineral do alimento (Harris & Marshall, 2017).

O teor de cinza do pão foi determinado de acordo com o método 930.22 da AOAC, em triplicado e um branco para cada amostra.

Os cadinhos foram postos a secar numa estufa (Memmert, Alemanha), a 105°C durante 2 horas e, após serem arrefecidos num exsicador, mediu-se a massa dos mesmos com o auxílio de uma balança analítica (Lantechnics 2104N). De seguida, colocou-se aproximadamente 2 gramas de amostra (previamente secada a 105°C) em cada cadinho, registando a massa do cadinho com a amostra, recorrendo a uma balança analítica (Lantechnics 2104N). Os cadinhos com a amostra foram colocados numa estufa (Induzir, Portugal), a 550°C durante 2 horas, de maneira que ocorra a incineração. Após arrefecidos em exsicador, registou-se a massa com o auxílio de uma balança analítica (Lantechnics 2104N).

II.1.3. Gordura bruta

A gordura bruta do pão foi determinada de acordo com o método 935.38 da AOAC.

Em duplicado para cada amostra, colocaram-se balões de fundo redondo na estufa (Memmert, Alemanha), a 105°C durante 2 horas e, após serem arrefecidos num exsicador, mediu-se a massa dos mesmos com o auxílio de uma balança analítica (Lantechnics 2104N). Posteriormente, com o auxílio de uma balança analítica (Lantechnics 2104N), colocou-se aproximadamente 2 g de amostra seca a 105°C num cartucho, tarando previamente a massa do mesmo. De seguida, após dobrar e agramar devidamente os cartuchos, colocou-se os

mesmos no aparelho de Soxhlet (Behr Labor-Technik 6, Alemanha), representado na Figura 51 a). Colocou-se éter de petróleo (Honeywell, IN, EUA) nos balões até atingir cerca de 2/3 da capacidade máxima dos mesmos. Após o processo de extração, que decorre durante 16 horas (a uma temperatura de 40°C), tirou-se os balões de fundo redondo do aparelho de Soxhlet (Behr Labor-Technik 6, Alemanha) e colocou-se os mesmos num evaporador rotativo (Buchi Rotavapor RII, Suíça), de modo a evaporar o éter de petróleo (o evaporador rotativo encontra-se representado na Figura 51 b). Após o éter de petróleo evaporar, os balões foram colocados numa estufa (Memmert, Alemanha), durante 2 horas a 105°C. Findo este tempo e após arrefecer os balões num exsicador, registou-se a massa dos balões após saírem da estufa.



Figura 51 – a) Aparelho de Soxhlet; b) Evaporador rotativo

II.1.4. Fibra alimentar total

A fibra alimentar total diz respeito a toda a parte comestível de uma planta, tanto no conteúdo interior celular como nas paredes celulares, estando a grande maioria nas paredes celulares. A fibra alimentar total divide-se em fibra alimentar solúvel e fibra alimentar insolúvel, tal como representa a Figura 52. Fazem parte da fibra alimentar solúvel os β -glucanos, as gomas de pectina e o amido resistente (o único proveniente do conteúdo interior celular), e fazem parte da fibra alimentar insolúvel as hemiceluloses, a celulose e a lignina polifenólica. A fibra bruta iria apenas determinar uma parte da planta comestível, mais especificamente a celulose e a lignina polifenólica, motivo pelo qual determinar a fibra alimentar total é essencial, uma vez que fornece dados mais viáveis do conteúdo que estamos a ingerir, importantes para definir corretamente a rotulagem dos alimentos. A fibra tem um papel importante nos alimentos, uma vez que melhora a saúde intestinal (Papanikou & Mavromichalis, 2021).

A fibra alimentar total foi determinada de acordo com o método 985.29 da AOAC, recorrendo à utilização de um kit: *Total Fiber Assay Kit* (Megazyme, Irlanda), representado na Figura 53. No kit consta a solução de α -amilase, a solução de protease a 5% (m/v) e a solução de amiloglucosidase.

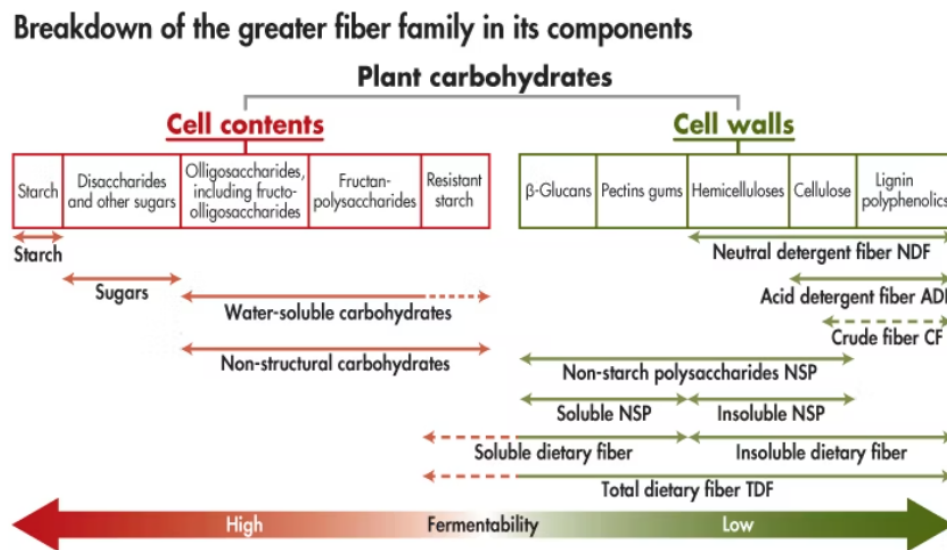


Figura 52 – Tipos de fibra e componentes celulares que fazem parte dos mesmos (Efstratia Papanikou & Ioannis Mavromichalis, 2021)



Figura 53 – Total Fiber Assay Kit

Começou-se por identificar devidamente frascos tipo Schott de 500 mL em duplicado para cada amostra, juntamente com dois ensaios em branco e, com o auxílio de uma balança analítica (Lantechincs 2104N), mediu-se 1 g de amostra seca para cada um deles. De seguida, a cada um dos frascos adicionou-se 50 mL de tampão fosfato de pH 6,0, de forma a manter o pH ideal. Adicionou-se 0,1 mL da solução de α -amilase termoestável a cada frasco, colocando posteriormente os mesmos no banho-maria (Memmert, Alemanha) ao abrigo da luz, durante 30 minutos a uma temperatura entre 95 e 100°C, com agitação lenta a cada 5 minutos. Após esta etapa, os frascos devem arrefecer a temperatura ambiente e, posteriormente, devem ser adicionados 10 mL de NaOH 0,275 N a cada um deles, de modo a ajustar o pH a 7,5. Adicionou-se 0,1 mL da solução de protease a 5% (m/v) a cada frasco, colocando novamente os mesmos no banho-maria (Memmert, Alemanha) ao abrigo da luz, durante 30 minutos a uma temperatura de 60°C, com agitação lenta a cada 5 minutos. Findo os 30 minutos, retirou-se os frascos do banho de água, deixando os mesmos arrefecer à temperatura ambiente. Após arrefecidos, colocou-se em cada frasco 10 mL de HCl 0,325 M, de modo a ajustar o pH a um valor entre 4,0 e 4,6. Adicionou-se 0,3 mL de

amiloglucosidase a cada frasco, colocando os mesmos no banho-maria (Memmert, Alemanha) ao abrigo da luz, durante 30 minutos a uma temperatura de 60°C, com agitação lenta a cada 5 minutos. Posteriormente, adicionou-se 280 mL de etanol 95% (JMGS – José Manuel Gomes dos Santos, Portugal) pré-aquecido a 60°C a cada frasco, deixando precipitar as fibras solúveis durante 1 hora a temperatura ambiente. Durante a precipitação forma-se uma camada com aparência idêntica a algodão, tal como é possível observar na Figura 54 (amostras C, 5%SV e 10%SV).

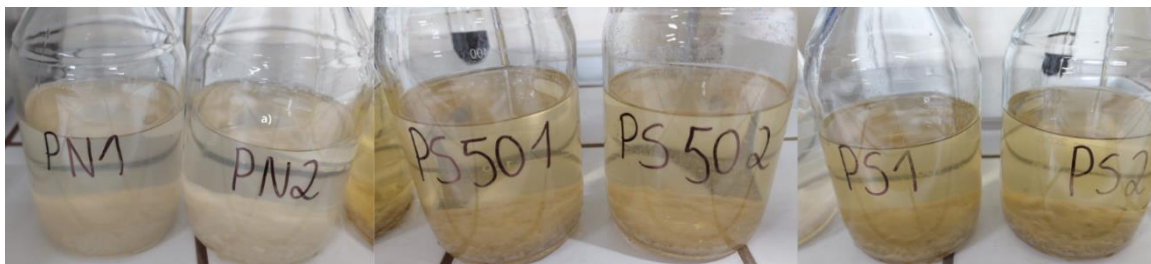


Figura 54 – Precipitação das fibras solúveis para as amostras C (PN), 5%SV (PS50) e 10%SV (PS)

Com o auxílio de uma balança analítica (Lantechnics 2104N), registou-se a massa de cadinhos de placa filtrante G2, cada um contendo aproximadamente 2 g de celite (Celite C-211, com lavagem ácida (Sigma-Aldrich, MO, EUA)). Os cadinhos (juntamente com a celite colocada em cada um deles), foram previamente calcinados na mufla (Induzir, Portugal) a 550°C durante 2 horas, e arrefecidos em exsicador. Recorrendo a uma bomba de vácuo (General Electric, NY, EUA), filtrou-se o conteúdo resultante da precipitação, isto é, filtrou-se todo o conteúdo que constava nos frascos de Schott para os cadinhos de placa filtrante G2 com celite. Posteriormente, para efetuar a lavagem de possíveis resíduos que se encontrem nos frascos, procedeu-se a uma lavagem sucessiva dos mesmos, começando por lavar cada um com três doses de 20 mL de etanol 78% (60 mL no total), seguidas de duas doses de 10 mL de etanol 95% (20 mL no total) e finalizando com duas doses de 10 mL de acetona (Chem-Lab, Bélgica) (20 mL no total). Após a lavagem e finda a filtração, colocou-se os cadinhos de placa filtrante G2 na estufa (Memmert, Alemanha) durante 2 horas a 130°C. Findo este tempo, arrefeceram-se os cadinhos num exsicador e, com o auxílio de uma balança analítica (Lantechnics 2104N), registou-se a massa dos mesmos.

Posteriormente, determinou-se as cinzas e a proteína, uma vez que são valores essenciais para efetuar os cálculos do teor de fibra alimentar total. Um cadinho de placa filtrante G2 com amostra (de cada tipo de pão), juntamente com um dos brancos, foram utilizados para determinar as cinzas. Os restantes cadinhos de placa filtrante G2 com amostra e o outro branco, foram utilizados para determinar a proteína.

Os cadinhos destinados à determinação do teor em cinza, foram colocados na mufla (Induzir, Portugal) durante 5 horas a 525°C. Findo este tempo, colocou-se os mesmos no exsicador, registando de seguida a respetiva massa de cada um.

Para a determinação do teor em proteína, recorreu-se ao método de Kjeldhal. Começou-se por raspar todo o conteúdo de cada cadinho (incluindo a celite) para tubos Kjeldhal, registando a massa da amostra colocada. Posteriormente, adicionou-se 12,5 mL de ácido sulfúrico e uma pastilha de catalisador de selénio (PanReac AppliChem, Alemanha) a cada tubo Kjeldhal com amostra. Efetuaram-se dois ensaios em branco e um ensaio

padrão noutros tubos Kjeldhal, adicionando a todos eles 12,5 mL de ácido sulfúrico (Honeywell, IN, EUA) e uma pastilha de catalisador de selénio (PanReac AppliChem, Alemanha), sendo que ao tubo correspondente ao padrão, adicionou-se 0,05 g de sulfato de amónio (Chem-Lab NV, Bélgica). Colocaram-se os tubos Kjeldhal num Digestor de Kjeldhal (Velp Scientifica, Itália) durante 2 horas a 400°C. Findo este tempo e após os tubos Kjeldhal serem arrefecidos a temperatura ambiente, adicionou-se 50 mL de água destilada a cada um deles. Identificou-se devidamente balões de Erlenmeyer de 250 mL (correspondentes para cada um dos tubos), colocando em cada um 25 mL de ácido bórico a 4% (Chem-Lab NV, Bélgica) com indicador misto. Posteriormente, cada um dos tubos juntamente com o balão de Erlenmeyer correspondente, foram colocados num destilador de tubos Kjeldhal (VELP Scientifica, Itália). Durante o processo de destilação, a máquina é programada para adicionar 50 mL de hidróxido de sódio a 40% (m/v) (JMGS – José Manuel Gomes dos Santos, Portugal). Após o processo de destilação estar completo, o qual demora 5 minutos, retiraram-se os balões de Erlenmeyer com o respetivo destilado, procedendo à titulação do mesmo através de uma solução previamente preparada de ácido clorídrico 0,1 M (Chem-Lab NV, Bélgica). Para efetuar os cálculos de proteína bruta considerou-se o fator mencionado no Regulamento (UE) nº 1169/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho, correspondente a 6,25.

II.1.5. Fibra alimentar insolúvel

A fibra alimentar insolúvel foi determinada de acordo com o método enzimático-gravimétrico 991.42 da AOAC, recorrendo à utilização de um kit Total Fiber Assay Kit (Megazyme, Irlanda).

A maioria das etapas deste procedimento são iguais às descritas em “II.1.4. Fibra alimentar total”, com distinção: não ocorre precipitação e a lavagem difere.

Começou-se por identificar devidamente frascos tipo Schott de 250 mL em duplicado para cada amostra, juntamente com dois ensaios em branco e, com o auxílio de uma balança analítica (Lantechincs 2104N), mediu-se 1 g de amostra seca para cada um deles. De seguida, a cada um dos frascos adicionou-se 50 mL de tampão fosfato de pH 6,0, de forma a manter o pH ideal. Adicionou-se 0,1 mL da solução de α -amilase termoestável a cada frasco, colocando posteriormente os mesmos no banho-maria (Mettler, Alemanha) ao abrigo da luz, durante 30 minutos a uma temperatura entre 95 e 100°C, com agitação lenta a cada 5 minutos. Após esta etapa, os frascos devem arrefecer a temperatura ambiente e, posteriormente, devem ser adicionados 10 mL de NaOH 0,275 M a cada um deles, de modo a ajustar o pH a 7,5. Adicionou-se 0,1 mL da solução de protease a 5% (m/v) a cada frasco, colocando novamente os mesmos no banho-maria (Mettler, Alemanha) ao abrigo da luz, durante 30 minutos a uma temperatura de 60°C, com agitação lenta a cada 5 minutos. Findo os 30 minutos, retiraram-se os frascos do banho de água, deixando os mesmos arrefecer à temperatura ambiente. Após arrefecidos, colocou-se em cada frasco 10 mL de HCl 0,325 M, de modo a ajustar o pH a um valor entre 4,0 e 4,6. Adicionou-se 0,3 mL de amiloglucosidase a cada frasco, colocando os mesmos no banho-maria (Mettler, Alemanha) ao abrigo da luz, durante 30 minutos a uma temperatura de 60°C, com agitação lenta a cada 5 minutos.

Com o auxílio de uma balança analítica (Lantechnics 2104N), registou-se a massa de cadinhos de placa filtrante G2, cada um contendo aproximadamente 2 g de celite (Celite C-211, com lavagem ácida (Sigma-Aldrich, MO, EUA)). Os cadinhos (juntamente com a celite colocada em cada um deles), foram previamente calcinados na mufla (Induzir, Portugal) a 550°C durante 2 horas, e arrefecidos em exsicador. Recorrendo a uma bomba de vácuo (General Electric, NY, EUA), filtrou-se todo o conteúdo que se encontrava nos frascos de Schott para os cadinhos de placa filtrante G2 com celite. Posteriormente, para efetuar a lavagem de possíveis resíduos que se encontrem nos frascos, procedeu-se a uma lavagem sucessiva dos mesmos, começando por lavar cada um com duas doses de 10 mL de água destilada (20 mL no total), seguidas de duas doses de 10 mL de etanol 95% (20 mL no total) e finalizando com duas doses de 10 mL de acetona (Chem-Lab, Bélgica) (20 mL no total). Após a lavagem e finda a filtração, colocaram-se os cadinhos de placa filtrante G2 na estufa (Memmert, Alemanha) durante 2 horas a 130°C. Findo este tempo, arrefeceram-se os cadinhos num exsicador e, com o auxílio de uma balança analítica (Lantechnics 2104N), registou-se a massa dos mesmos.

Posteriormente, determinaram-se as cinzas e a proteína, uma vez que são valores essenciais para efetuar os cálculos do teor de fibra alimentar insolúvel. Posteriormente, um cadinho de placa filtrante G2 com amostra (de cada tipo de pão), juntamente com um dos brancos, foram utilizados para determinar as cinzas. Os restantes cadinhos de placa filtrante G2 com amostra e o outro branco, foram utilizados para determinar a proteína.

Os cadinhos destinados à determinação do teor em cinza, foram colocados na mufla (Induzir, Portugal) durante 5 horas a 525°C. Findo este tempo, colocaram-se os mesmos no exsicador, registando de seguida a respetiva massa de cada um.

Para a determinação do teor em proteína, recorreu-se ao método de Kjeldhal. Começou-se por raspar todo o conteúdo de cada cadinho (incluindo a celite) para tubos Kjeldhal, registando a massa da amostra colocada. Posteriormente, adicionou-se 12,5 mL de ácido sulfúrico e uma pastilha de catalisador de selénio (PanReac AppliChem, Alemanha) a cada tubo Kjeldhal com amostra. Efetuaram-se dois ensaios em branco e um ensaio padrão noutros tubos Kjeldhal, adicionando a todos eles 12,5 mL de ácido sulfúrico (Honeywell, IN, EUA) e uma pastilha de catalisador de selénio (PanReac AppliChem, Alemanha), sendo que ao tubo correspondente ao padrão se adicionou 0,05 g de sulfato de amónio (Chem-Lab NV, Bélgica). Colocaram-se os tubos Kjeldhal num Digestor de Kjeldhal (Velp Scientifica, Itália) durante 2 horas a 400°C. Findo este tempo e após os tubos Kjeldhal serem arrefecidos a temperatura ambiente, adicionou-se 50 mL de água destilada a cada um deles. Identificou-se devidamente balões de Erlenmeyer de 250 mL (correspondentes para cada um dos tubos), colocando em cada um 25 mL de ácido bórico a 4% (Chem-Lab NV, Bélgica) com indicador misto. Posteriormente, cada um dos tubos juntamente com o balão de Erlenmeyer correspondente, foram colocados num destilador de tubos Kjeldhal (VELP Scientifica, Itália). Durante o processo de destilação, a máquina é programada para adicionar 50 mL de hidróxido de sódio a 40% (m/v) (JMGS – José Manuel Gomes dos Santos, Portugal). Após o processo de destilação estar completo, o qual demora 5 minutos, retiraram-se os balões de Erlenmeyer com o respetivo destilado, procedendo à titulação do mesmo através de uma solução previamente preparada de ácido clorídrico 0,1 M (Chem-

Lab NV, Bélgica). Para efetuar os cálculos de proteína bruta considerou-se o fator constante no Regulamento (UE) nº 1169/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Outubro de 2011, correspondente a 6,25.

II.1.6. Fibra alimentar solúvel

A fibra alimentar solúvel é determinada a partir do cálculo da diferença entre a fibra alimentar total e a fibra alimentar insolúvel.

II.1.7. Proteína bruta

As proteínas são nutrientes essenciais na alimentação humana, formadas a partir de aminoácidos por meio de ligações amida. Nove dos aminoácidos existentes são designados de essenciais, uma vez que o corpo humano não os consegue produzir, sendo necessário a ingestão dos mesmos através dos alimentos (Belitz et al., 2009; Hermann, 2021). Proteína bruta refere-se a um grupo de substâncias com estruturas idênticas, tendo funções químicas e fisiológicas distintas. As proteínas têm um percentual de nitrogénio associado, pelo que se procede à determinação indireta através da concentração de nitrogénio na amostra (Souza et al., 2016).

A proteína bruta foi determinada de acordo com o método 950.36 da AOAC, utilizando o método de Kjeldhal.

Com o auxílio de uma balança analítica (Lantechincs 2104N), começou-se por colocar aproximadamente 0,5 g de cada amostra seca para tubos Kjeldhal devidamente identificados. Posteriormente, adicionou-se 12,5 mL de ácido sulfúrico e uma pastilha de catalisador de selénio (PanReac AppliChem, Alemanha) a cada tubo Kjeldhal com amostra. Efetuaram-se dois ensaios em branco e um ensaio padrão noutros tubos Kjeldhal, adicionando a todos eles 12,5 mL de ácido sulfúrico (Honeywell, IN, EUA) e uma pastilha de catalisador de selénio (PanReac AppliChem, Alemanha), sendo que ao tubo correspondente ao padrão se adicionou 0,05 g de sulfato de amónio (Chem-Lab NV, Bélgica). Colocou-se os tubos Kjeldhal num Digestor de Kjeldhal (Velp Scientifica, Itália) durante 2 horas a 400°C (na Figura 55 é possível observar os tubos antes e depois de serem colocados no digestor). Findo este tempo e após os tubos Kjeldhal serem arrefecidos a temperatura ambiente dentro da hotte, adicionou-se 50 mL de água destilada a cada um deles. Identificaram-se devidamente balões de Erlenmeyer de 250 mL (correspondentes para cada um dos tubos), colocando em cada um 25 mL de ácido bórico a 4% (Chem-Lab NV, Bélgica) com indicador misto. Posteriormente, cada um dos tubos juntamente com o balão de Erlenmeyer correspondente, foram colocados num destilador de tubos Kjeldhal (VELP Scientifica, Itália). Durante o processo de destilação, a máquina é programada para adicionar 50 mL de hidróxido de sódio a 40% (m/v) (JMGS – José Manuel Gomes dos Santos, Portugal). Após o processo de destilação estar completo, o qual demora 5 minutos, retiraram-se os balões de Erlenmeyer com o respetivo destilado, procedendo à titulação do mesmo através de uma solução previamente preparada de ácido clorídrico 0,1 M (Chem-Lab NV, Bélgica). Para efetuar os cálculos de proteína bruta considerou-se o fator utilizado por Barroca et al. em amostras de pão, correspondente a 5,7.



Figura 55 – Tubos *Kjedhal* antes e depois de serem colocados no digestor (da esquerda para a direita, respetivamente)

II.1.8. Hidratos de carbono

Os hidratos de carbono são compostos orgânicos amplamente conhecidos e desempenham um papel essencial no metabolismo de plantas e animais. São um dos nutrientes básicos essenciais para uma alimentação diária equilibrada, e representam uma das fontes de energia mais importante. Podem ser divididos em monossacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos, sendo alguns dos mais conhecidos a glucose, a frutose e a galactose (Belitz et al., 2009).

Os hidratos de carbono são calculados a partir da diferença para um total de 100, da soma dos restantes valores nutricionais do alimento (humidade, cinza, gordura bruta, fibra alimentar total, proteína bruta).

II.1.9. Determinação dos açúcares redutores através do método DNSA

O teor de açúcares redutores do pão foi determinado da mesma forma que o teor de açúcares redutores das plantas.

Deste modo, os procedimentos estão descritos em “3.4. Determinação dos açúcares redutores das plantas e do pão através do método DNSA”.

II.1.10. Valor calórico do alimento

Os dados relativos ao valor calórico do alimento são expressos em quilocalorias (kcal) ou em quilojoules (kJ). Segundo o Regulamento (UE) nº 1169/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Outubro de 2011, cada grama de hidratos de carbono, proteínas, lípidos e fibra, corresponde a 4, 4, 9 e 2 kcal, respetivamente. Tendo em conta que 1 kcal corresponde a 4,1868 kJ, para calcular o valor calórico do alimento em kJ multiplicou-se o valor calórico do alimento em kcal por 4,1868.

II.2. Composição mineral

Os sais minerais são essenciais na dieta do ser humano, podendo ser classificados em macroelementos (potássio, sódio, cálcio, magnésio, fósforo) ou microelementos (cobre, zinco, ferro, manganês) (Queiroz, 2001).

Para determinar a composição mineral, é necessário efetuar duas análises distintas, uma vez que o procedimento da determinação do teor de fósforo é distinto do procedimento da determinação do teor dos restantes minerais (cálcio, magnésio, potássio, sódio, cobre, zinco, ferro, manganês).

II.2.1. Cálcio, Magnésio, Potássio, Sódio, Cobre, Zinco, Ferro, Manganês

Começou-se por determinar o teor de cinza, fazendo o mesmo procedimento que se encontra descrito em “II.1.2. Cinza”, em triplicado para cada amostra com os respetivos brancos. Após se obter as cinzas, as mesmas foram digeridas. Colocou-se os cadinhos num banho-maria (Gallenkamp, Reino Unido) a uma temperatura de aproximadamente 100°C e, em cada cadinho adicionou-se 10 mL de ácido nítrico 1:1 (HNO₃) até o mesmo evaporar. Repetiu-se este processo mais duas vezes, sendo que na terceira vez que se adicionou o ácido nítrico, colocou-se um vidro relógio em cima de cada cadinho, deixando o mesmo até evaporar quase na totalidade. Posteriormente, após a digestão das cinzas, efetuou-se a lavagem dos cadinhos e do vidro de relógio (caso o mesmo contenha resíduos), para balões volumétricos de 50 mL (um balão correspondente a cada cadinho). Começou-se por preparar os filtros com as respetivas dobras, e colocou-se um filtro em cada balão volumétrico. De seguida, aqueceu-se água destilada a uma temperatura de aproximadamente 100°C, de modo a efetuar a lavagem dos cadinhos para os balões com água destilada quente. A lavagem é efetuada até o cadinho se encontrar sem resíduos provenientes da digestão das cinzas, tendo o cuidado de não ultrapassar o limite do balão volumétrico (50 mL). Aferiu-se os balões volumétricos com água destilada até à marca dos 50 mL, colocando de seguida as tampas e guardando os mesmos ao abrigo da luz.

Para efetuar a leitura dos minerais, é necessário preparar previamente as soluções correspondentes ao branco e aos respetivos padrões dos micro e macronutrientes, de modo a obter curvas de calibração. Efetuaram-se três padrões para os macronutrientes e quatro padrões para os micronutrientes. Começou-se por preparar o “zero” num balão de 200 mL, relativo aos micronutrientes, no qual se adicionou 40 mL de ácido nítrico, aferindo até aos 200 mL com água destilada. Aos quatro balões volumétricos de 100 mL, relativos aos padrões dos micronutrientes, adicionou-se em cada um 20 mL de ácido nítrico e, após adicionar a quantidade referente à solução de cobre (Sigma-Aldrich, MO, EUA) (Cu), zinco (Zn) 10 ppm (Sigma-Aldrich, MO, EUA), ferro (Fe) 100 ppm (Sigma-Aldrich, MO, EUA), e manganês (Mn) 100 ppm (Sigma-Aldrich, MO, EUA), aferiu-se o balão até à marca de 100 mL com água destilada. Preparou-se o “zero” num balão de 100 mL, relativo aos macronutrientes, no qual se adicionou 20 mL de ácido nítrico e 10 mL de cloreto de estrôncio 0,75%, aferindo até aos 200 mL com água destilada. Aos três balões volumétricos de 100 mL, relativos aos padrões dos macronutrientes, adicionou-se em cada um 20 mL de ácido nítrico e 10 mL de cloreto de estrôncio 0,75% e, após adicionar a quantidade referente à solução de potássio (K) 100 ppm (Sigma-Aldrich, MO, EUA), sódio (Na) 10 ppm (Sigma-

Aldrich, MO, EUA), cálcio (Ca) 100 ppm (Sigma-Aldrich, MO, EUA) e magnésio (Mg) 100 ppm (Sigma-Aldrich, MO, EUA), aferiu-se o balão até à marca de 100 mL com água destilada. Na Tabela 21 estão constam os volumes adicionados de cada solução padrão relativa aos macro e micronutrientes, a um balão de 100 mL.

Tabela 21 – Volume adicionado da solução padrão micro e macronutrientes a um balão de 100 mL

Micronutrientes	Balão (100 mL)				Macronutrientes	Balão (100 mL)		
	1	2	3	4		1	2	3
Cu 100 ppm (mL)	0,5	1	2,5	5	K 100 ppm (mL)	0,5	1	2
Zn 10 ppm (mL)	2	3	5	10	Na 10 ppm (mL)	3	5	10
Fe 100 ppm (mL)	0,5	1	2,5	5	Ca 100 ppm (mL)	1	2,5	5
Mn 100 ppm (mL)	0,2	0,5	1	2	Mg 100 ppm (mL)	0,2	0,3	0,5

Posteriormente, procedeu-se a três diluições seriadas das amostras (1:10; 1:100; 1:500), provenientes da lavagem dos cadinhos após digestão das cinzas (incluindo os respetivos brancos). Na primeira diluição (1:10), em balões volumétricos de 25 mL, colocou-se 2,5 mL de amostra e 2,5 mL de cloreto de estrôncio, aferindo até à marca dos 25 mL com água destilada. Na segunda diluição (1:100), em balões volumétricos de 50 mL, colocou-se 5 mL da primeira diluição, aferindo até à marca dos 50 mL com água destilada. Na terceira diluição (1:500), em balões volumétricos de 25 mL, colocou-se 5 mL da segunda diluição e 2 mL de cloreto de estrôncio, aferindo até à marca dos 25 mL com água destilada.

Procedeu-se à leitura através da técnica de Espectroscopia de Absorção Atômica (EAA), que consiste numa técnica analítica de deteção qualitativa e determinação quantitativa de determinados elementos, como o caso dos minerais, através da absorção de radiação pelos átomos no seu estado gasoso. Este método apresenta uma elevada sensibilidade, sendo adequado para a análise de componentes de amostras. Inicialmente, o espectrómetro de absorção atômica de chama aspira a amostra através de um tubo, passando para um nebulizador, formando uma neblina fina designada de aerossol. Posteriormente, a neblina é convertida em vapor atômico, isto é, átomos livres, através da chama. De seguida, ao colocar a lâmpada correspondente ao átomo a ser lido, ocorre absorção da radiação eletromagnética e transições energéticas (Costa, 2013). Através de um espectrómetro de absorção atômica (PinAAcle 900T, PerkinElmer, MA, EUA), começou-se por efetuar a curva de calibração correspondente a cada nutriente, através dos padrões efetuados anteriormente. De seguida, leu-se as amostras mãe ou diluídas (de acordo com os valores obtidos, uma vez que têm de ir ao encontro à curva de calibração), obtendo o valor relativo ao teor dos minerais presentes na amostra, através do programa associado ao espectrómetro.

Na Figura 56 observa-se o processo da leitura dos minerais através da técnica de Espectroscopia de Absorção Atômica, utilizando o espectrómetro de absorção atômica (PinAAcle 900T, PerkinElmer, MA, EUA).



Figura 56 - Leitura dos minerais através da técnica de Espectroscopia de Absorção Atômica

II.2.2. Fósforo

O fósforo foi determinado de acordo com o método 948.09 da AOAC.

Começou-se por determinar o teor de cinza, fazendo o mesmo procedimento que se encontra descrito em “II.1.2. Cinza”, em triplicado para cada amostra com os respectivos brancos. Colocou-se os cadinhos num banho-maria (Gallenkamp, Reino Unido) a uma temperatura de aproximadamente 100°C e, em cada cadinho adicionou-se 10 mL de ácido clorídrico 1:1 (HCl) até o mesmo evaporar. Repetiu-se este processo mais duas vezes, sendo que na terceira vez que se adicionou o ácido clorídrico, foi colocado um vidro relógio em cima de cada cadinho, deixando o mesmo até evaporar quase na totalidade. Posteriormente, após a digestão das cinzas, foi efetuada a lavagem dos cadinhos e do vidro de relógio (caso o mesmo contenha resíduos), para balões volumétricos de 50 mL (um balão correspondente a cada cadinho). Começou-se por preparar os filtros com as respectivas dobras, e colocou-se um filtro em cada balão volumétrico. De seguida, aqueceu-se água destilada a uma temperatura de aproximadamente 100°C, de modo a efetuar a lavagem dos cadinhos para os balões com água destilada quente. A lavagem é efetuada até o cadinho se encontrar sem resíduos provenientes da digestão das cinzas, tendo o cuidado de não ultrapassar o limite do balão volumétrico (50 mL). Aferiu-se os balões volumétricos com água destilada até à marca dos 50 mL, colocando de seguida as tampas e guardando os mesmos ao abrigo da luz.

Começou-se por preparar as soluções para a curva de calibração em balões volumétricos de 50 mL, adicionando 10 mL da solução de vanadato-molibdato a cada balão e entre 0 e 10 mL da solução concentrada do ião fosfato ($P-PO_4^{3-}$) (0; 0,5; 1,0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10, respetivamente), aferindo até à marca de 50 mL com água destilada. Adicionou-se a cada balão da solução da amostra mãe três gotas de fenolftaleína e posteriormente, retirou-se 5 mL de cada um desses balões para outros balões de 50 mL. De seguida, aos segundos balões contendo 5 mL da amostra mãe, adicionou-se 10 mL da solução de vanadato-molibdato, perfazendo até à marca dos 50 mL com água destilada. Após 10 minutos, leu-se a absorvência das amostras a 470 nm, com o auxílio de um espectrofotómetro (U-2000, Hitachi, Japão).

Anexo III – Folha da Prova de Análise Sensorial



23/07/2024

PROVA DE ANÁLISE SENSORIAL - PÃO COM ADIÇÃO DE PLANTAS MARÍTIMAS

Nome: _____ Idade: _____

Género: Feminino ☐ Masculino ☐ Outro ☐ _____

Os diferentes tipos de pão foram desenvolvidos no âmbito do Estágio integrado no Mestrado em Engenharia Alimentar da Escola Superior Agrária de Coimbra.

A prova sensorial tem como objetivo avaliar a aceitação do consumidor relativamente a um produto com adição de uma planta marítima (planta *Suaeda vera*), com a finalidade de substituir o sal comum utilizado no pão.

Os dados obtidos serão utilizados para discussão de resultados, posteriormente descritos no relatório de mestrado.

Declaro que fui devidamente informado sobre a natureza do produto a ser degustado e concordo em participar de forma voluntária na prova de análise sensorial dos pães com adição de *Suaeda vera*.

Data: ____/____/____

Assinatura: _____

Escala hedónica de 9 pontos

1	Extremamente desagradável
2	Muito desagradável
3	Desagradável
4	Ligeiramente desagradável
5	Nem agradável nem desagradável
6	Ligeiramente agradável
7	Agradável
8	Muito agradável
9	Extremamente agradável

1. Utilizando a escala hedónica de 9 pontos, classifique as amostras em relação à cor, aroma, textura e sabor.

Amostra	Cor	Aroma	Textura	Sabor
435				
921				
279				



23/07/2024

2. Relativamente ao sal (sabor salgado), assinale com um X a sua resposta, tendo em conta a quantidade presente em cada amostra.

Amostra	Muito insosso	Insosso	Equilibrado	Salgado	Muito salgado
435					
921					
279					

3. Utilizando a escala hedónica de 9 pontos, classifique as amostras relativamente à avaliação global.

Amostra	Avaliação global
435	
921	
279	

4. Assinale com um X relativamente à sua intenção de compra de cada uma das amostras.

Amostra	Compraria	Provavelmente compraria	Provavelmente não compraria	Não compraria
435				
921				
279				

5. Indique qual a sua amostra preferida: _____.

6. A ingestão de sal em excesso é um dos problemas da atualidade, estando associado a problemas de saúde como a hipertensão. Sabendo que o pão tem adição de uma planta marítima (planta *Suaeda vera*) com a finalidade de substituir o sal comum, indicaria o produto a amigos ou familiares? Assinale com um X a sua resposta.

Sim____ Não____

6.1. Justifique a sua resposta, por favor.

7. Se tiver algum comentário ou sugestão, por favor deixe aqui:

Obrigada pela participação! 😊