

# PROTEÍNAS DE MACROALGAS BRASILEIRAS: OBTENÇÃO E AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES FUNCIONAIS

**Palavras-Chave:** extração, emulsão, espuma, estabilidade, solubilidade

Hudson E. VALDERRAMOS <sup>1</sup>; Carolina L. BERLING <sup>2</sup>; Isabela S. SOARES <sup>2</sup>; Carolina S. F. PICONE <sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Graduação, Faculdade de Engenharia de Alimentos – UNICAMP

<sup>2</sup>Pós-graduação (doutorado), DETA/ Faculdade de Engenharia de alimentos - UNICAMP

<sup>3</sup>Prof(a) Dr(a), DETA/Faculdade de Engenharia de Alimentos – UNICAMP

## 1. INTRODUÇÃO

As macroalgas têm sido objeto de interesse em diversas áreas por apresentar ampla gama de funcionalidades e compostos nutricionais, sendo amplamente encontradas no litoral brasileiro, que possui cerca de 800 espécies diferentes (BRITO *et al.*, 2018). Com as correntes marítimas, elas podem se desprender de seu substrato ainda no oceano e serem levadas até a costa (arribadas), se acumulando nas orlas, e quando não removidas, por empresas de limpeza urbana, se decompõem e causam um odor desagradável, atraindo pragas e afastando turistas (XU *et al.*, 2022).

Para evitar este acúmulo, as macroalgas arribadas podem ser melhor exploradas economicamente, como ingredientes na indústria de alimentos (HARB; CHOW, 2022). É essencial intensificar a pesquisa para otimizar seu uso e exploração total, contribuindo para a economia circular de sua biomassa (TORRES; KRAAN; DOMINGUEZ, 2019).

Proteínas que apresentam boas propriedades funcionais, como: solubilizar, espumar, emulsificar, estabilizar sistemas e formar geis, são de interesse para a indústria alimentícia, para a produção de alimentos com texturas, sabores e aparências desejados. Essas propriedades são determinadas pelas características químicas, físicas e estruturais das proteínas, incluindo o tamanho e a forma da molécula, a carga elétrica e a hidrofobicidade (BISPO *et al.*, 2019).

Pesquisas sobre o uso total da biomassa de macroalgas, contribuem para a valorização deste resíduo e ajudam a reduzir os problemas ambientais gerados. Com isso em mente, o presente estudo teve como escopo explorar macroalgas arribadas do litoral nordeste brasileiro, para extração de proteínas e posterior avaliação de suas propriedades tecno-funcionais.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Materiais

Macroalgas arribadas no litoral nordestino brasileiro, fornecidas pela empresa Companhia das Algas (Trairi, Ceará) ligeiramente lavadas, secas ao sol por 4 dias e grosseiramente moídas. Para as emulsões foi usado óleo de soja Liza (Cargill, Brasil). Os demais reagentes foram de grau analítico.

### 2.2. Métodos

#### 2.2.1. Preparo das amostras

As macroalgas foram lavadas com água ultrapura usando proporção sólido:solvente de 1:80 (m/v), mantidas sob agitação magnética por 6 horas, com troca de água após 3 horas. Após, secas em liofilizador e moídas em moedor de grãos (NM-8300, Mini Electric Grinder, Nima Japan).

#### 2.2.2. Análise de composição centesimal

As análises realizadas foram de umidade, cinzas e proteínas pelas metodologias oficiais da *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC) 2023. O teor de lipídios foi obtido pelo método de Bligh & Dyer (1959). O teor de carboidratos foi determinado por método diferencial.

#### 2.2.3. Solubilidade das proteínas das macroalgas

Foi adotado o método de Lowry *et al.* (1951) para a quantificação de proteínas solúveis totais das macroalgas, com padrão de albumina sérica bovina (BSA) (ZAIA; ZAIA; LICHTIG, 1998). A análise foi realizada em triplicata na faixa de pH entre 2 e 13 para obter a curva de solubilidade.

#### 2.2.4. Extração proteica

A extração de proteína se iniciou com a reidratação das macroalgas liofilizadas com água deionizada (proporção de 1:30 (m/v) de macroalga:água deionizada) sob agitação magnética por uma hora, seguido de homogeneização (Ultra-turrax (T-18 Ika, Alemanha) por 30 segundos a 14000 RPM).

O pH da solução foi ajustado para 11 com NaOH 1M, definido a partir dos ensaios de solubilidade proteica (tópico 2.2.3). Com o ajuste feito, as amostras foram novamente agitadas por 1 hora em duas condições, a 25°C (controle) e 52,5°C. Com isso, ambas foram centrifugadas a 4000 RPM por 15 minutos.

O sobrenadante obtido foi reservado, e ao precipitado, foram adicionados 1:10 de água deionizada, tendo o pH novamente ajustado para 11, seguindo para uma nova centrifugação pela mesma velocidade e tempo. O novo sobrenadante obtido foi adicionado ao anterior e denominado “extrato”, sendo armazenado sob refrigeração por até 48 horas. O rendimento proteico do extrato foi determinado pela massa de proteína no extrato pela massa de proteína na amostra.

Sendo  $Cp_1$  a concentração de proteína obtida do extrato proteico por meio do método de Lowry *et al.* (1951),  $p_0$  a porcentagem de proteína presente na quantidade de matéria inicial,  $M_0$  a massa inicial de macroalga e  $V$  o volume do sobrenadante.

### 2.2.5. Fenólicos totais

O conteúdo de fenólicos totais, tanto da matéria-prima quanto do extrato, foram dosados de acordo com a metodologia de Martínez-López & Tuohy (2023), utilizando o método espectrofotométrico ( $\lambda = 765$  nm) a partir da reação com o reagente de Folin-Ciocalteu 3% e o ácido gálico como padrão.

### 2.2.6. Propriedades funcionais

Os extratos proteicos foram avaliados quanto à capacidade de formação de gel, capacidade e estabilidade de emulsão e espuma. O pH dos extratos foi ajustado para 7 e a concentração proteica padronizada para 300  $\mu\text{g/mL}$ , com finalidade de padronizar as análises de espuma, emulsão e formação de gel. As metodologias utilizadas foram adaptadas de Silva *et al.* (2022).

#### 2.2.6.1. Formação e estabilização de espumas

Para determinar a capacidade espumante, as soluções de proteína foram homogeneizadas em Ultra-Turrax (T-10 Ika, Alemanha) por 2 minutos a uma velocidade de 5500 RPM. As Equações 1 e 2 foram utilizadas para calcular a capacidade de formação e estabilização da espuma, respectivamente.

$$CE (\%) = \frac{V_1 - V_0}{V_0} \times 100 (1); EE (\%) = \frac{V_2 - V_0}{V_1 - V_0} \times 100 (2);$$

onde,  $V_0$  é o volume inicial da solução,  $V_1$  é o volume após homogeneização (espuma + solução) e  $V_2$  o volume após 5, 10, 30 e 60 minutos da homogeneização (espuma + solução).

#### 2.2.6.2. Formação e estabilização de emulsões

A emulsão foi preparada na proporção 1:9 (óleo:solução proteica) (v/v), usando a solução proteica do extrato, e óleo de soja, sendo homogeneizadas em um Ultra-turrax (T-10 Ika, Alemanha) a 5500 RPM por 2 min. A estabilidade das emulsões formadas foi avaliada realizando a leitura de absorbância de uma mistura de 5 mL SDS 0,1% e 50  $\mu\text{L}$  de emulsão por espectrofotometria em comprimento de onda de 500nm imediatamente após a formação da emulsão e decorridos 10 minutos.

#### 2.2.6.3. Capacidade de formação de gel

A capacidade de formação de gel foi determinada após os extratos proteicos serem aquecidos em um tubo de ensaio a 90 °C por 1 hora e resfriados em banho de gelo, sendo avaliado se as amostras escoam ou não com a inversão do tubo.

### 2.2.7. Análise estatística

Todas as análises serão realizadas no mínimo em triplicata. A diferença entre as médias será verificada por ANOVA, para  $p < 0,05$ , através do *software* PAST (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Análise centesimal

Os valores médios dos teores de umidade, cinzas, proteínas, lipídeos e carboidratos, obtidos em base seca, das macroalgas arribadas do litoral nordestino, estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1: Composição centesimal das macroalgas arribadas do litoral nordestino brasileiro.**

Compostos	Teor (%)
Umidade	17,27 $\pm$ 0,31
Carboidratos	42,39 $\pm$ 1,68
Cinzas	27,36 $\pm$ 1,01
Proteínas	11,18 $\pm$ 0,85
Lipídeos	1,80 $\pm$ 0,79

Segundo os dados da Tabela 1, a matéria seca contendo substâncias orgânicas é de 66,9%, e a matéria seca contendo substâncias inorgânicas é de 27,36%. Esses dados condizem com a literatura, uma vez que a análise de macroalgas marinhas apresentaram uma faixa de 65 a 85% de matéria seca orgânica, e de 15 a 35 % de matéria seca inorgânica (SILVA, 2005; HARB, 2021).

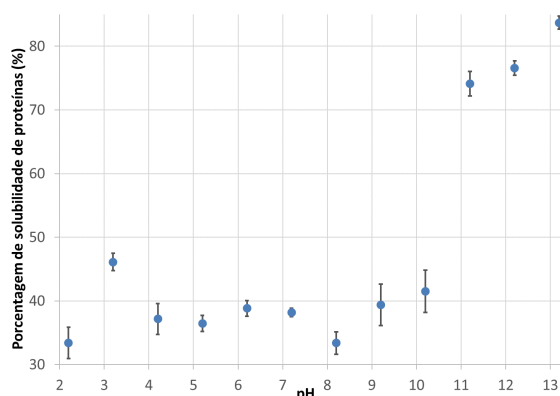
De acordo com os estudos de HARB (2021), a porcentagem de proteína demonstrada na Tabela 1, é semelhante às comumente chamadas de macroalgas marrons e vermelhas.

### 3.2. Fenólicos totais

Os valores de fenólicos totais para a farinha de macroalga e para os extratos proteicos foram, respectivamente, 1,96  $\pm$  0,11 mg AG/L e 2,85  $\pm$  0,04 mg AG/L. A baixa concentração de fenólicos nas amostras pode ser explicada pela forma de preparo da matéria-prima, uma vez que esta foi seca ao sol, resultando na degradação dos fenólicos presentes na mesma.

### 3.3. Curva de solubilidade das proteínas das macroalgas

Utilizando o método de Lowry, foi obtida a curva de solubilidade para as proteínas de macroalgas arribadas apresentada na Figura 1.



**Figura 1: Curva de solubilidade de proteínas de macroalgas arribadas.**

Com base nos resultados obtidos, é possível analisar o ponto de pH em que a amostra possui maior porcentagem de proteína solúvel, e assim, utilizá-lo para realizar a extração da proteína. O pH 13 apresentou maior porcentagem de proteínas solúveis, com aproximadamente 84%. No entanto, é importante considerar que a utilização de um pH tão extremo pode levar a alterações estruturais nas proteínas e, assim, comprometer suas propriedades tecno-funcionais (FONTANA, 2007). Portanto, optou-se por utilizar o pH 11 para o processo de extração, uma vez que este possui uma alta porcentagem de proteína solúvel (74%) em comparação aos pontos de pH inferiores.

### 3.4. Extração proteica

A concentração e os rendimentos proteicos obtidos para os extratos proteicos com e sem aquecimento estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2: Concentração e rendimento proteicos para as soluções proteicas com e sem aquecimento.**

Amostra	Concentração ( $\mu\text{g/mL}$ )	Rendimento (%)
T 25°C	402,0 $\pm$ 6,8 <sup>b</sup>	9,9 $\pm$ 0,1 <sup>b</sup>
T 52,5°C	469,2 $\pm$ 8,5 <sup>a</sup>	11,5 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>
valor <i>p</i>	1,10x10 <sup>-5</sup>	1,13x10 <sup>-5</sup>

Valores expressos em Média  $\pm$  DP (n = 3) onde as letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ).

Os resultados das extrações obtidas foram superiores a macroalga da espécie *Ulva*, que após uma extração com temperatura de 80°C, teve uma concentração de proteína de 279,05  $\pm$  11,93  $\mu\text{g/mL}$  (MACHADO, 2021).

Estudos sugerem que as proteínas derivadas de macroalgas são associadas a membranas celulares, o que pode dificultar o processo de extração (MITSUHARA *et al.*, 2017). As macroalgas são ricas em compostos que interferem no processo de extração de proteínas tais como carotenóides e, especialmente, polissacarídeos, que estão amplamente distribuídos nas estruturas das paredes celulares das macroalgas (NASCIMENTO, 2014; NASCIMENTO, 2023).

O aumento de temperatura durante o processo de extração potencializou a solubilidade proteica por induzir a ruptura das membranas celulares, aumentando a solubilidade das proteínas, e conseqüentemente, o rendimento (JACOB-LOPES *et al.*, 2006). No entanto, uma maior temperatura pode desnaturar a proteína da macroalga, prejudicando suas propriedades tecno-funcionais, sendo importante comparar estas propriedades para os extratos submetidos ou não a aquecimento.

### 3.5. Análise de espuma

Os resultados obtidos de capacidade de formação de espuma (CE) e de estabilidade de espuma (EE) para os extratos estão demonstrados na Tabela 3.

**Tabela 3: Capacidade espumante (CE) e estabilidade da espuma (EE) dos extratos proteicos das macroalgas**

Extrato	CE (%)	EE (%)			
		5 min	10 min	30 min	60 min
T 25°C	18,9 $\pm$ 1,9 <sup>a</sup>	64,4 $\pm$ 3,8 <sup>a</sup>	58,9 $\pm$ 8,4 <sup>a</sup>	58,9 $\pm$ 8,4 <sup>a</sup>	54,4 $\pm$ 5,1 <sup>a</sup>
T 52,5°C	6,7 $\pm$ 0,1 <sup>b</sup>	81,7 $\pm$ 4,4 <sup>a</sup>	66,7 $\pm$ 11,1 <sup>a</sup>	61,7 $\pm$ 8,9 <sup>a</sup>	53,3 $\pm$ 4,4 <sup>a</sup>

Valores expressos em Média  $\pm$  DP (n = 3) onde as letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ).

Analisando os dados obtidos, é possível concluir que a capacidade de formação de espuma foi superior no extrato proteico obtido a 25 °C. Referente às estabilidades, mesmo os valores da amostra obtida a 52,5 °C pareçam superiores, e embora não haja diferença significativa entre as amostras ( $p = 0,326$ ), é possível notar que sua taxa de decréscimo é maior

em comparação ao extrato proteico obtido a 25°C. Estes resultados podem ser justificados pela desnaturação das proteínas causada pelo aquecimento durante o processo de extração.

A capacidade de espuma do extrato proteico obtido a 25°C foi semelhante e até superior a farinhas proteicas de soja e de insetos (HENNIG; DE SOUZA; MASSAROLO, 2023). A estabilidade de espuma desse extrato também foi superior em comparação a farinhas proteicas provenientes de feijão, *Amburana cearensis* e sementes de abóbora, além das citadas anteriormente (HENNIG; DE SOUZA; MASSAROLO, 2023; SOUSA, 2014; NAVES *et al.*, 2010).

### 3.6. Análise de emulsão

A análise de emulsão foi realizada para ambos os extratos, onde foram obtidos resultados da atividade e estabilidade de emulsão, apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4: Atividade emulsificante e estabilidade das emulsões formadas com os extratos proteicos**

Extrato	Atividade (m <sup>2</sup> /g)	Estabilidade (minutos)
T 25°C	60,9 ± 11,8 <sup>a</sup>	40,4 ± 13,8 <sup>a</sup>
T 52,5°C	45,0 ± 4,4 <sup>a</sup>	51,8 ± 4,5 <sup>a</sup>

Valores expressos em Média ± DP (n = 3) onde as letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ).

Observando os resultados adquiridos, é possível concluir que a atividade de emulsão para extrato proteico obtido a 25 °C é superior ao obtido a 52,5 °C, onde mesmo não apresentando diferença estatística ( $p = 0,512$ ). Isso possivelmente se dá à desnaturação proteica, que prejudicou a capacidade emulsificante.

No entanto, o mesmo não pode ser dito quando se trata da estabilidade da emulsão, uma vez que resultados superiores foram obtidos na amostra obtida a 52,5 °C ( $p = 0,402$ ). Este resultado pode se justificar pela presença dos polissacarídeos, uma vez que são utilizados como estabilizadores de emulsões alimentares (HAMAZAOUI, 2020). Com isso, a exposição a uma temperatura de aquecimento, pode ter causado a gelatinização dos polissacarídeos e desnaturação das proteínas na amostra, aumentando a viscosidade da fase contínua e auxiliando a estabilidade da emulsão, fazendo com que a amostra apresentasse melhores resultados em comparação a amostra a temperatura de 25°C (TOMÉ, 2012).

A atividade emulsificante se mostrou superior a algumas fontes de proteínas vegetais como isolado de proteína de soja, quinoa, *Camelina sativa* em pH 7 e do concentrado de proteína de folhas de jaca (*Artocarpus heterophyllus*) (LI *et al.*, 2020; LINGIARDI *et al.*, 2022; VERA-SALGADO, 2022; SENTÍS-MORÉ *et al.*, 2023).

A estabilidade obtida se mostrou superior a algumas fontes de proteínas vegetais, como soja, semente de abóbora, *Camelina sativa* em pH 7 e do concentrado de proteína de folhas de (*Artocarpus heterophyllus*) (NAVES *et al.*, 2010; VERA-SALGADO; SENTÍS-MORÉ *et al.*, 2023; LI *et al.*, 2020).

Além disso, ambos extratos apresentaram resultados superiores de estabilidade e atividade de emulsão em comparação aos obtidos das macroalgas verde *Ulva fenestrata* e *Chaetomorpha linum* em pH 7 e com 0,1% de polissacarídeos, respectivamente (ZHANG *et al.*, 2023; HAMAZAOUI, 2020)

### 3.7. Análise de formação de gel

Na análise de formação de gel, após passarem por tratamento térmico, ambas as amostras continuaram líquidas e escoaram ao virar completamente o tubo de ensaio. No entanto, foi observado uma diferença visual no comportamento do fluido da amostra extraída a 52,5 °C, que apresentou uma maior viscosidade e aderência à parede do tubo. Esta diferença de viscosidade pode ser relacionada à temperatura do processo de extração, uma vez que o aquecimento pode ter iniciado o processo de desnaturação proteica e a formação de gel dos polissacarídeos presentes na amostra, resultando assim no aumento da viscosidade do sobrenadante após o processo de análise de gel.

## 4. CONCLUSÕES

As macroalgas arribadas do litoral nordestino Brasileiro, apresentaram resultados comparáveis e até superiores em relação às propriedades funcionais emulsificantes e espumantes observadas em outras fontes de proteínas vegetais. Estes resultados criam expectativas promissoras para o futuro de exploração das macroalgas brasileiras, podendo contribuir para a economia circular e proporcionando um destino sustentável a uma matéria-prima frequentemente descartada. Além disso, estas macroalgas arribadas do litoral oferecem uma boa alternativa para a indústria de alimentos como uma opção sustentável, agregando valor no setor alimentício.

## BIBLIOGRAFIA

- BISPO, L. de O. *et al.* **Efeito do pH, NaCl e tratamento ultrassônico na solubilidade das proteínas da microalga *Spirulina platensis***. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2019.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A RAPID METHOD OF TOTAL LIPID EXTRACTION AND PURIFICATION. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, n. 8, p. 911–917, 1 ago. 1959.
- BRITO, Paulo Ovidio Batista de *et al.* Growth, relative chlorophyll content and concentration of inorganic solutes in sunflowers plants supplemented with marine macroalgae organic residue. **Revista Ceres**, v. 65, p. 395-401, 2018.
- FLEURENCE, J.; MORANÇAS, M.; DUMAY, J. Seaweed proteins. In: **Proteins in food processing**. Woodhead Publishing, 2018.
- FONTANA, A. **Avaliação da textura apresentada por embutido emulsionado adicionado de isolado protéico úmido de corvina (*Micropogonias furnieri*)**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande, Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, Escola de Química e Alimentos, 2007.

- HAMZAOUI, Asma et al. Extraction, characterization and biological properties of polysaccharide derived from green seaweed “*Chaetomorpha linum*” and its potential application in Tunisian beef sausages. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 148, p. 1156-1168, 2020.
- HARB, T. B. **Caracterização química, potencial antioxidante e atividade biológica de macroalgas arribadas do litoral brasileiro**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2021
- HARB, T. B.; CHOW, F. An overview of beach-cast seaweeds: Potential and opportunities for the valorization of underused waste biomass. **Algal Research**, v. 62, p. 102643, 2022.
- HENNIG, Kelvin Mereles; DE SOUZA, Natieli Edileni; MASSAROLO, Kelly Cristina. Estudo comparativo de funcionalidade de proteínas. **Revista JRG de Estudos Acadêmicos**, v. 6, n. 13, p. 2160-2171, 2023.
- JACOB-LOPES, Eduardo et al. Caracterização da fração protéica da cianobactéria *Aphanothece microscopica* Nägeli cultivada no efluente da parboilização do arroz. **Food Science and Technology**, v. 26, p. 482-488, 2006.
- LI, Chunzhi et al. Comparison of hydrodynamic and ultrasonic cavitation effects on soy protein isolate functionality. **Journal of Food Engineering**, v. 265, p. 109697, 2020.
- LINGIARDI, Nadia et al. Are quinoa proteins a promising alternative to be applied in plant-based emulsion gel formulation?. **Food Chemistry**, v. 394, p. 133485, 2022.
- MACHADO, Valdiana Aparecida Rodrigues. **Valorização Sustentável de Biomassa de Macroalgas: Um Exemplo Prático de Biorrefinaria Utilizando a Ulva Lactuca**. 2021. Dissertação de Mestrado. Instituto Politecnico do Porto (Portugal).
- MITSUHARA, A. T. et al. Avaliação do conteúdo de proteínas e grupos sulfatos presentes em diferentes frações da macroalga *Kappaphycus alvarezii*. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, n. 4, p. 3189-3193, 2017.
- NASCIMENTO, F. E. P. D. **Identificação de proteínas da macroalga marinha vermelha *Hypnea musciformis* por análise proteômica**. 2014. 62 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Pesca) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.
- NASCIMENTO, F. E. P. D. **Estudos proteômicos de uma fração protéica da alga marinha vermelha *Hypnea musciformis* (Wulfen) Lamouroux, através de eletroforese bidimensional - 2DE**. 2011. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Pesca) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.
- NAVES, Luciana de Paula et al. Nutrientes e propriedades funcionais em sementes de abóbora (*Cucurbita maxima*) submetidas a diferentes processamentos. **Food Science and Technology**, v. 30, p. 185-190, 2010.
- SENTÍS-MORÉ, Pau et al. Protein hydrolysis of *Camelina sativa* meals: A study of molecular weight distribution and emulsifying properties. **Food Bioscience**, v. 56, p. 103062, 2023.
- SILVA, R. L. D. **Utilização de macroalgas marinhas arribadas em dietas para o camarão *Litopenaeus vannamei* (Boone,1931)**. 59 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2005.
- SILVA, C. M.; FELBERG, I.; LIMA, J. R.; GOUVÊA, L. P.; GALDEADO, M. C.; CALDEIRA, R. F.; AZEVEDO, T. L. Guia para Caracterização Tecnológica-Funcional de Ingredientes Proteicos para o Mercado de Produtos de Origem Vegetal. **Embrapa Agroindústria de Alimentos**. Rio de Janeiro, ISSN 1516-8247, 27 p., 2022.
- SOUSA, Nathanna Mateus de. Isolado proteico de *Amburana cearensis* (Allemão) AC Smith como nova fonte de proteínas alimentares: caracterização funcional e análise toxicogenômica comparativa com outras proteínas vegetais. 2014.
- TOMÉ, Ana Sofia Araújo. **Avaliação das Propriedade Gelificantes e Emulsionantes de Misturas de Proteínas Vegetais**. 2012. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnica de Lisboa (Portugal).
- TORRES, M. D.; KRAAN, S.; DOMÍNGUEZ, H. Seaweed biorefinery. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology**, v. 18, p. 335-388, 2019.
- VERA-SALGADO, Julián et al. Ultrasound-assisted extraction of *Artocarpus heterophyllus* L. leaf protein concentrate: solubility, foaming, emulsifying, and antioxidant properties of protein hydrolysates. **Colloids and interfaces**, v. 6, n. 4, p. 50, 2022.
- XU, Y. et al. The identification of biotransformation pathways for removing fishy malodor from *Bangia fusco-purpurea* using fermentation with *Saccharomyces cerevisiae*. **Food Chemistry**, v. 380, p. 132103, 2022.
- ZAIA, D. A. M.; ZAIA, C. T. B. V.; LICHTIG, J. Determinação de proteínas totais via espectrofotometria: vantagens e desvantagens dos métodos existentes. **Química nova**, v. 21, p. 787-793, 1998.
- ZHANG, Jingnan et al. Radial discharge high shear homogenization and ultrasonication assisted pH-shift processing of herring co-products with antioxidant-rich materials for maximum protein yield and functionality. **Food Chemistry**, v. 400, p. 133986, 2023.