

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor, o texto completo deste documento será disponibilizado somente a partir de 25/08/2026.

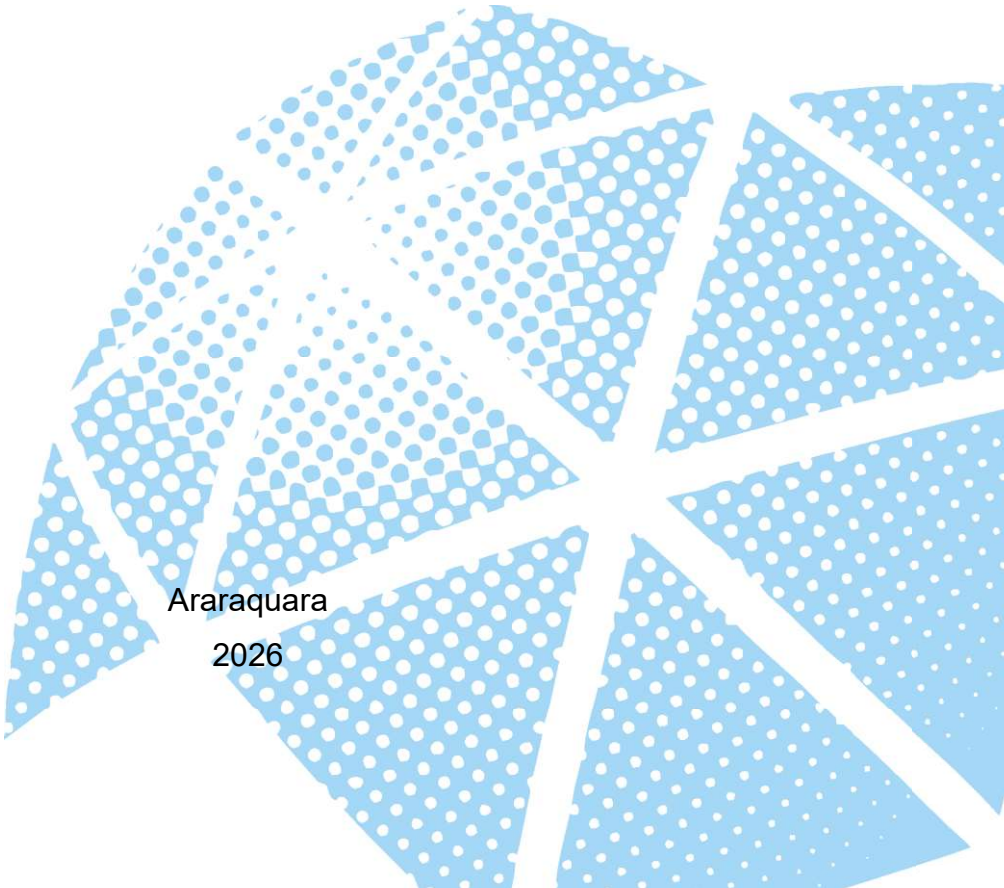
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Câmpus de Araraquara

LAURO CÉZAR RANGEL RADAEL

**Caracterização de quitosana e minerais produzidos a partir das cascas de
camarões marinhos como matéria prima para bioinsumo agrícola.**

Araraquara

2026



LAURO CÉZAR RANGEL RADAEL

Caracterização de quitosana e minerais produzidos a partir das cascas de camarões marinhos como matéria prima para bioinsumo agrícola.

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Araraquara, para obtenção do título de Grau acadêmico Mestre em Engenharia de Biomateriais e Bioprocessos.

Área de Concentração: Biomateriais, Bioprocessos, Bioprodutos

Orientador: Prof. Dr. Carlos Augusto Prata Gaona.

Coorientador: Dr. Levi Pompermayer Machado.

Araraquara

2026

R124c Radael, Lauro César Rangel.
Caracterização de quitosana e minerais produzidos a partir das cascas de camarões marinhos como matéria prima para bioinsumo agrícola / Lauro César Rangel Radael. – Araraquara, 2026.
62 f. : il.

Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Araraquara. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Biomateriais e Bioprocessos. Área de Concentração: Biomateriais, Bioprocessos, Bioprodutos.

Orientador: Carlos Augusto Prata Gaona.
Coorientador: Levi Pompermayer Machado.

1. Aminoácidos. 2. Hidrólise. 3. Quitina. 4. Insumos agrícolas. 5. Resíduos da pesca. I. Gaona, Carlos Augusto Prata, orient. II. Machado, Levi Pompermayer, coorient. III. Título.

Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação - Faculdade de Ciências Farmacêuticas
UNESP - Campus de Araraquara
Vilma Bruna Mastelari Costa - CRB 8/10938

CAPES: 33004030170P0
Esta ficha não pode ser modificada

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Caracterização de quitosana e minerais produzidos a partir das cascas de camarões marinhos como matéria prima para bioinsumo agrícola.

AUTOR: LAURO CÉZAR RANGEL RADAEL

ORIENTADOR: CARLOS AUGUSTO PRATA GAONA

COORDENADOR: COORDENADOR: LEVI POMPERMAYER MACHADO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em null, área: Biomateriais, Bioprocessos, Bioprodutos pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. CARLOS AUGUSTO PRATA GAONA (Participação Virtual)
Departamento de Recursos Pesqueiros e Aquicultura / UNESP / Câmpus de Registro - FCAVR

Prof. Dr. NORIVAL ALVES SANTOS FILHO (Participação Virtual)
Departamento de Bioquímica e Química Orgânica / UNESP / Câmpus de Araraquara - IQAr

Dra. JOHANA MARCELA CONCHA OBANDO (Participação Virtual)
UNESP / Câmpus de Registro - FCAVR

Araraquara, 25 de fevereiro de 2026.

RESUMO

As cascas de camarão, abundantes na indústria pesqueira, ainda são tratadas em sua grande maioria como resíduo de baixo valor e se descartadas de forma incorreta podem resultar em impactos ambientais. No entanto, quando devidamente processadas, constituem uma matéria-prima promissora para obtenção de biopolímeros e coprodutos com potencial para aplicação como bioinsumo, capazes de contribuir como soluções para a agricultura. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma análise descritiva do processo de produção de quitosana a partir das cascas do camarão marinho, com ênfase na caracterização dos coprodutos gerados e na avaliação de seu potencial como bioinsumo agrícola. As cascas do camarão marinho foram coletadas com pescadores artesanais na cidade de Vitória/ES, a espécie desembarcada no período de coleta foi o camarão-rosa (*Penaeus subtilis*). O processo para obtenção da quitosana foi conduzido de forma sequencial empregando as etapas de pré-tratamento, hidrólise enzimática, desmineralização, desproteinização, despigmentação e desacetilação. Os materiais obtidos foram caracterizados quanto aos teores minerais e atributos físico-químicos, sendo o perfil de aminoácidos determinado por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), o grau de desacetilação da quitosana por titulação condutimétrica e a estrutura química por FT-IR. Os resultados indicaram a conversão eficiente da quitina em quitosana, que apresentou grau médio de desacetilação igual a 79,44% e rendimento de $0,0314 \pm 0,0035$ kg para 1 kg de casca de camarão *in natura*. A hidrólise enzimática foi responsável por aproximadamente 67,82% da remoção da fração proteica, reduzindo a severidade das etapas químicas subsequentes. Com rendimento de solução contendo hidrolisado proteico de $0,4471 \pm 0,0282$ kg para cada 1,00 kg de casca *in natura* processada. A recuperação de aminoácidos total foi de 43,70g, sendo os principais ácido glutâmico, lisina, ácido aspártico, prolina, alanina, glicina e leucina. Os coprodutos apresentaram teores relevantes de minerais, com destaque para cálcio, fósforo e potássio, evidenciando seu potencial de aplicação agrícola. De forma geral, os resultados demonstram a viabilidade da valorização dos resíduos do beneficiamento do camarão marinho, com ênfase na obtenção de quitosana e no aproveitamento dos coprodutos como potenciais bioinsumos agrícolas.

Palavras-chaves: Aminoácidos; hidrólise enzimática; quitina; resíduos da pesca; bioinsumo agrícola.

ABSTRACT

Shrimp shells, abundant in the fishing industry, are still largely treated as low-value waste and, when improperly discarded, may result in environmental impacts. However, when properly processed, they constitute a promising raw material for the production of biopolymers and co-products with potential application as bioinputs capable of contributing to agricultural solutions. In this context, the present study aimed to conduct a descriptive analysis of the chitosan production process from marine shrimp shells, with emphasis on the characterization of the generated co-products and the evaluation of their potential as agricultural bioinputs. Marine shrimp shells were collected from artisanal fishermen in the city of Vitória, Espírito Santo, Brazil, and the species landed during the sampling period was the pink shrimp (*Penaeus subtilis*). The process for obtaining chitosan was conducted sequentially through the stages of pre-treatment, enzymatic hydrolysis, demineralization, deproteinization, depigmentation, and deacetylation. The obtained materials were characterized in terms of mineral content and physicochemical attributes, with the amino acid profile determined by high-performance liquid chromatography (HPLC), the degree of deacetylation of chitosan determined by conductometric titration, and the chemical structure analyzed by Fourier-transform infrared spectroscopy (FT-IR). The results indicated efficient conversion of chitin into chitosan, which presented an average degree of deacetylation of 79.44% and a yield of 0.0314 ± 0.0035 kg per 1 kg of fresh shrimp shell. Enzymatic hydrolysis was responsible for approximately 67.82% of the removal of the protein fraction, reducing the severity of subsequent chemical steps, with a yield of 0.4471 ± 0.0282 kg of protein hydrolysate solution for each 1.00 kg of fresh shell processed. The total recovery of amino acids was 43.70 g, with glutamic acid, lysine, aspartic acid, proline, alanine, glycine, and leucine as the main components. The co-products presented relevant mineral contents, particularly calcium, phosphorus, and potassium, highlighting their potential for agricultural application. Overall, the results demonstrate the feasibility of valorizing residues generated from marine shrimp processing, with emphasis on the production of chitosan and the use of co-products as potential agricultural bioinputs.

Keywords: Amino acids; Enzymatic hydrolysis; Chitin; Fishery residues; Agricultural bioinput.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 — Representação estrutural das unidades de repetição da quitina e da quitosana.....	19
Figura 2 — Dados da pesca do camarão-sete-barbas (<i>Xitopenaus kroyeri</i>) descarregados no Terminal Pesqueiro Público – TPP de Vitória/ES. ...	20
Figura 3 — Fluxograma proposto para o processo de extração da quitina e produção de quitosana a partir das cascas do camarão marinho.	23
Figura 4 — Sistema empregado na etapa de hidrólise enzimática.	25
Figura 5 — Resíduo gerado durante o beneficiamento do camarão marinho.	34
Figura 6 — Pré-tratamento das cascas do camarão-rosa (<i>Penaeus subtilis</i>).	35
Figura 7 — Materiais gerados durante a etapa de hidrólise enzimática, solução 1 (esquerda) e sólido 1 (direita).	36
Figura 8 — Gráfico de eficiência das etapas experimentais, dado pelo percentual mássico extraído por etapa (eixo y esquerdo) e percentual máximo remanescente (eixo y direito) em relação a etapa experimental.	38
Figura 9 — Materiais gerados ao longo das etapas do processo de produção de quitosana.....	39
Figura 10 — Gráfico da titulação condutimétrica, dado pela condutividade em $\mu\text{S.cm}^{-1}$ em função do volume de solução de NaOH $0,170 \text{ mol.L}^{-1}$	42
Figura 11 — Espectro de infravermelho com transformada de Fourier (FT-IR), gerado a partir da análise dos materiais quitina e quitosana.	43
 Tabela 1 — Eficiência das etapas do processo de extração de quitina e produção de quitosana.....	 37
Tabela 2 — Rendimentos obtidos ao longo das etapas experimentais do processo de produção de quitosana.....	40
Tabela 3 — Caracterização química dos materiais gerados nas etapas hidrólise enzimática (HE), desmineralização (DM), desproteínização (DPR) e desacetilação (DS).....	41
Tabela 4 — Perfil de aminoácidos nos coprodutos líquidos gerados durante as etapas de hidrólise enzimática, desmineralização ácida e desproteínização alcalina.	44

LISTA DE ABREVIATURAS

ABCC	Associação Brasileira dos Criadores de Camarão
ANDAs	Agência Nacional para Difusão de Adubos
APP	Área de preservação permanente
CE	Condutividade elétrica
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
COT	Carbono orgânico total
CTS	Casca seca e triturada
DM	Desmineralização
DPG	Despigmentação
DPR	Desproteínização
DS	Desacetilação
FT-IR	Espectroscopia no Infravermelho com transformada de Fourier
GD%	Grau médio de desacetilação
HE	Hidrolise enzimática
HPLC	Cromatografia líquida de alta eficiência
MAA	Massa de aminoácidos recuperada
MO	Matéria orgânica
ODS	Objetivos do desenvolvimento sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
RC	Rendimento médio de coproduto;
RE%	Rendimento por etapa
TPP	Terminal pesqueiro público
UE	União Europeia

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	12
3	REVISÃO DA LITERATURA	13
3.1	Desafios da agricultura moderna	13
3.2	Bioinsumos e bioestimulantes na agricultura	14
3.3	Proteínas hidrolisadas	16
3.4	Quitina e quitosana	18
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	23
4.1	Coleta dos materiais e obtenção da quitosana.....	24
4.1.1	Pré-tratamento das cascas do camarão marinho	24
4.1.2	Hidrólise enzimática para remoção de proteínas	24
4.1.3	Desmineralização	25
4.1.4	Desproteínização por hidrólise alcalina	26
4.1.5	Despigmentação	26
4.1.6	Desacetilação alcalina	27
4.2	Análise de rendimento e caracterização físico-química dos materiais.....	27
4.2.1	Análise de eficiência do processo	27
4.2.2	Determinação de densidade, pH e sólidos.....	28
4.2.3	Análise do teor de cinzas, matéria orgânica, carbono orgânico total e teor de lipídeos	29
4.2.4	Determinação do grau médio de desacetilação GD%	30
4.2.5	Análise dos nutrientes nitrogênio, cálcio, magnésio, fósforo e potássio.....	31
4.2.6	Obtenção do espectrograma na região do infravermelho para quitina e quitosana.....	32
4.2.7	Determinação do perfil de aminoácidos dos coprodutos.....	32
5	RESULTADOS	34
5.1	Pré-tratamento das cascas do camarão marinho	34
5.2	Hidrolise enzimática	35
5.3	Obtenção da quitina e produção da quitosana.....	36
5.4	Caracterização físico-química dos materiais	40
5.4.1	Caracterização física e química da CST	40

5.4.2	Caracterização física e química dos materiais obtidos nas etapas experimentais	40
5.4.3	Determinação do grau médio de desacetilação GD% da quitosana.....	41
5.4.4	Obtenção do espectrograma na região do infravermelho para quitina e quitosana	42
5.4.5	Determinação do perfil de aminoácidos dos coprodutos	43
6	DISCUSSÃO	45
6.1	Pré-tratamento e obtenção da CST	45
6.2	Hidrolise enzimática	45
6.3	Obtenção da quitina e produção da quitosana	47
6.4	Caracterização física e química dos materiais	49
6.4.1	Caracterização física e química da CST	49
6.4.2	Caracterização físico-química dos materiais obtidos.....	50
6.4.3	Determinação do grau médio de desacetilação GD% da quitosana.....	50
6.4.4	Obtenção do espectrograma na região do infravermelho para quitina e quitosana	51
6.4.5	Determinação do perfil de aminoácidos dos coprodutos	52
7	CONCLUSÕES	54
	REFERÊNCIAS.....	55

1 INTRODUÇÃO

A agricultura do século XXI enfrenta o desafio de aumentar a produtividade de forma sustentável, impulsionada por acordos multilaterais, tais como o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) n.º 2 da Agenda 2030 da ONU, que propõe a adoção de uma agricultura sustentável e a busca pela erradicação da fome (ONU, 2025). Entretanto, a intensificação da produção, exige soluções que conciliem eficiência com responsabilidade ambiental.

Nesse contexto, os bioinsumos vêm se destacando como alternativa promissora para aumento de produtividade de forma sustentável. Esses compostos podem ser obtidos a partir microrganismos, extratos vegetais, compostos orgânicos e outros agentes biológicos (Monteiro et al., 2024 Apud Cruz; Sanches, 2025). E o Brasil se tornou pioneiro na adoção dessas tecnologias, sobretudo no emprego da fixação biológica de nitrogênio (FBN) na cultura da soja, estima-se que em 2023 essa prática já estava sendo utilizada em 75% da área cultivada no país (EMBRAPA, 2023).

No universo dos bioinsumos, destacam-se também os bioestimulantes, definidos como compostos capazes de atuar na fisiologia vegetal, elevando a eficiência no uso de nutrientes e promovendo a tolerância a estresses bióticos e abióticos (Calvo; Nelson; Kloepper, 2014; Jardim, 2012). Dentre os compostos bioativos de interesse agrônomo, destaca-se a quitosana, um biopolímero derivado da quitina, extraído principalmente de resíduos de crustáceos, como camarões e caranguejos (Moussian, 2019).

A obtenção da quitosana a partir desses resíduos, envolve etapas como desmineralização, desproteinização e desacetilação alcalina (Vazquez et al., 2017; Kumari et al., 2017). Além da quitosana, os coprodutos gerados durante o processo de extração, os quais são ricos em compostos nitrogenados (aminoácidos e peptídeos), minerais como cálcio, magnésio, enxofre, potássio e fósforo, despertam interesse devido ao seu potencial de uso agrícola (Cahú et al., 2012; Kumari et al., 2017; Rocha, 2016).

A utilização dos resíduos da pesca e da aquicultura para fins agrícolas integra os princípios da economia circular, promovendo a valorização de subprodutos e a redução de impactos ambientais. Tema que está alinhado com Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) n.º 14 da Agenda 2030 da ONU, denominado

“vida na água”, que propõe a adoção de estratégias que resultem na exploração sustentável dos recursos marinhos (ONU, 2025).

Segundo a Associação Brasileira de Criadores de Camarão (ABCC, 2022), a produção nacional do camarão *Penaeus vannamei* alcançou 120 mil toneladas em 2021, oriundas principalmente da carcinicultura. Por sua vez, os dados apresentados pelo Ministério da Pesca e Aquicultura (BRASIL, 2024), com base nas declarações de estoque de pescadores em 2023, apontam uma captura de aproximadamente 2.644,4 toneladas de camarão marinho pescado e armazenado nesse período. O processamento desses crustáceos gera grande volume de resíduos, cuja fração não aproveitada pode ultrapassar os 50% do peso total do animal (Lima et al., 2018), representando uma oportunidade relevante para transformação em bioinsumos. Uma vez que o teor de quitina presente nas cascas de camarões e caranguejos pode variar de 15% a 30% da sua massa seca (Kumari et al., 2017).

Na agricultura, a quitosana tem demonstrado diversos efeitos benéficos. Segundo Pichyangkura e Chadchawan (2015), a utilização desse biopolímero pode induzir genes de defesa, estimular crescimento, além auxiliar na tolerância a estresses abióticos nas plantas. Paralelamente, os hidrolisados proteicos oriundos de resíduos marinhos têm mostrado eficácia como bioestimulantes em diversas culturas, tais como brócolis e repolho chinês (Pérez-Aguilar; Hernández-Fernández; Arán-Ais, 2024; Bettoni et al., 2013).

Dessa forma, a valorização das cascas de camarão como matéria-prima para produção de quitosana e subprodutos com aplicação agrícola, representa uma estratégia sustentável. Associando o reaproveitamento de resíduos à promoção de tecnologias de baixo impacto. Diante do exposto, objetiva-se nesta pesquisa caracterizar os materiais obtidos durante o processo de extração de quitina e produção de quitosana a partir de cascas de camarão marinho, com adequação dos reagentes e processos utilizados, visando sua aplicação como bioinsumo para agricultura. Para isso, serão realizadas etapas de coleta e pré-tratamento da matéria-prima, aplicação de diferentes técnicas de extração, análises físico-químicas e avaliação do potencial agrônomo dos produtos obtidos.

7 CONCLUSÕES

O presente estudo demonstrou a viabilidade técnica do aproveitamento das cascas de camarão marinho (*Penaeus subtilis*) por meio de um processo fracionado e sequencial, envolvendo hidrólise enzimática, desmineralização, desproteinização e desacetilação, para a obtenção de quitina e quitosana, além de coprodutos. O método permitiu a recuperação de $18,53 \pm 0,53\%$ de quitina e $0,0314 \pm 0,0035$ kg/kg de quitosana, com grau médio de desacetilação de 79,44%.

Nesse contexto, destaca-se que a associação entre hidrólise enzimática e hidrólise química na etapa de remoção proteica se mostrou uma alternativa mais sustentável, uma vez que contribuiu para a redução da demanda de KOH na etapa química. Adicionalmente, o emprego de KOH em substituição ao NaOH nas etapas de desproteinização e desacetilação mostrou-se relevante, pois favorece a geração de coprodutos mais adequados a utilização como bioinsumos agrícolas.

Como consequência dessas etapas de processamento, foi possível recuperar soluções com características favoráveis ao reaproveitamento, com destaque para os teores de cálcio, fósforo, potássio, aminoácidos e peptídeos. Esses resultados reforçam o potencial de valorização dos coprodutos gerados ao longo do processo, além de indicar que os rendimentos obtidos são compatíveis com aqueles reportados na literatura.

Por outro lado, apesar do potencial demonstrado para a produção de quitosana e para o aproveitamento dos coprodutos, as cascas de camarão marinho apresentam elevada perecibilidade. Dessa forma, aspectos relacionados à coleta, transporte e armazenamento da matéria-prima ainda demandam infraestrutura adequada, o que reforça a necessidade de estudos adicionais voltados à logística, conservação e aproveitamento integral desse resíduo. Além disso, pesquisas futuras podem explorar a avaliação agrônômica dos coprodutos obtidos, especialmente quanto ao seu potencial como bioinsumos agrícolas e bioestimulantes, bem como investigar estratégias de otimização e escalonamento do processo.

REFERÊNCIAS

- ABISOLO – Associação Brasileira das Indústrias de Tecnologia em Nutrição Vegetal. **Anuário Brasileiro de Tecnologia em Nutrição Vegetal 2025**. Campinas: ABISOLO, 2025. Disponível em: <https://www.abisolo.com.br/wp-content/uploads/2025/05/anuario-abisolo-2025.pdf> . Acesso em: 24 maio 2025.
- ABISOLO – Associação Brasileira das Indústrias de Tecnologia em Nutrição Vegetal. **Anuário Brasileiro de Tecnologia em Nutrição Vegetal 2024**. Campinas: ABISOLO, 2024. Disponível em: <https://www.abisolo.com.br/anuario/> . Acesso em: 24 maio 2025.
- ADLER-NISSEN, Jens. Proteases. In: FOX, Patrick F. (org.). **Enzymes in food processing**. 3. ed. New York: Academic Press, 1993. cap. 7, p. 159–203.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAMARÃO (ABCC). **Anuário Seafood Brasil**. 8. ed. Natal: ABCC, 2022. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/14HE_MP9s4OZECfcuPClr4XLrNe94RNY/view . Acesso em: 22 maio 2025.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS (ANDA). Pesquisa Setorial. Disponível em: https://anda.org.br/pesquisa_setorial/ . Acesso em: 24 maio 2025.
- AZEVEDO, Marise Stela Paes de. *Processamento e avaliação nutricional da farinha de resíduo de camarão para frangos de corte*. 2014. 70 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2014. Disponível em: https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/6354/1/MARISE_STELA_PAES_AZEVEDO.pdf. Acesso em: 11 jun. 2025.
- BETTONI, Marcelle Michelotti; FABBRIN, Eliseu Geraldo dos Santos; OLINIK, Jean Ricardo; MÓGOR, Átila Francisco. Efeito da aplicação foliar de hidrolisado protéico sob a produtividade de cultivares de brócolis. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 7, n. 2, p. 179–183, jul./set. 2013. DOI: <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v7i2.943>
- BUENO-SOLANO, C.; LÓPEZ-CERVANTES, J.; CAMPAS-BAYPOLI, O. N.; LAUTERIO-GARCÍA, R.; ADAN-BANTE, N. P.; SÁNCHEZ-MACHADO, D. I. Chemical and biological characteristics of protein hydrolysates from fermented shrimp by-products. **Food Chemistry**, v. 112, p. 671–675, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.06.029>.
- BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). **Relatórios de comercialização de agrotóxicos**. Atualizado em 27 dez. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-e-biologicos/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos#boletinsanuais>. Acesso em: 24 maio 2025.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, nº 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e nº 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano CXLIX, n. 101, p. 1, 28 maio 2012.

BRASIL. Lei nº 15.070, de 23 de dezembro de 2024. Dispõe sobre a produção, a importação, a exportação, o registro, a comercialização, o uso, a inspeção, a fiscalização, a pesquisa, a experimentação, a embalagem, a rotulagem, a propaganda, o transporte, o armazenamento, as taxas, a prestação de serviços, a destinação de resíduos e embalagens e os incentivos à produção de bioinsumos para uso agrícola, pecuário, aquícola e florestal; e altera as Leis nºs 14.785, de 27 de dezembro de 2023, 10.603, de 17 de dezembro de 2002, e 6.894, de 16 de dezembro de 1980. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 dez. 2024. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2024/lei-15070-23-dezembro-2024-796798-publicacaooriginal-173902-pl.html>. Acesso em: 24 maio 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária - MAPA. Manual de métodos analíticos oficiais de fertilizantes, corretivos, substratos, condicionadores e remineralizadores de solo. Brasília, DF: Ministério da Agricultura e Pecuária, 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Instrução Normativa nº 61, de 8 de julho de 2020. Estabelece as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados à agricultura. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 15 jul. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-61-de-8-7-2020-organicos-e-biofertilizantes-dou-15-7-20.pdf>. Acesso em: 24 maio 2025.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. Terminal Público Pesqueiro de Vitória (ES) recebe visita do ministro André de Paula. Publicado em 14 abr. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mpa/pt-br/assuntos/noticias/terminal-publico-pesqueiro-de-vitoria-es-recebe-visita-do-ministro-andre-de-paula>. Acesso em: 5 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA). Secretaria Nacional de Registro, Monitoramento e Pesquisa da Pesca e Aquicultura (SERMOP). *Declarações de estoque*. Brasília: dados.gov.br, 2024. Disponível em: <https://dados.gov.br/dados/conjuntos-dados/declaracoes-de-estoque>. Acesso em: 9 jun. 2025.

BRASIL. Portaria SAP/MAPA nº 656, de 30 de março de 2022. Estabelece normas de ordenamento e monitoramento para o exercício da pesca de camarões marinhos no Mar Territorial e na Zona Econômica Exclusiva nas regiões Sudeste e Sul do Brasil. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 31 mar. 2022, Seção 1, p. 16–23. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/servlet/INPDFViewer?jornal=515&pagina=16&data=31/03/2022>. Acesso em: 05 jan. de 2026.

CAHÚ, T. B.; SANTOS, S. D.; MENDES, A.; CÓRDULA, C. R.; CHAVANTE, S. F.; CARVALHO JR., L. B.; NADER, H. B.; BEZERRA, R. S. Recovery of protein, chitin, carotenoids and glycosaminoglycans from Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) processing waste. **Process Biochemistry**, [S.l.], v. 47, n. 4, p. 570–577, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2011.12.012>.

CALVO, Pamela; NELSON, Louise; KLOEPPER, Joseph W. Agricultural uses of plant biostimulants. **Plant and Soil**, v. 383, n. 1–2, p. 3–41, out. 2014. DOI: 10.1007/s11104-014-2131-8.

CROPLIFE BRASIL. **Caminhos do Agro: Tecnologias que transformam o campo**. [S. l.]: CropLife Brasil, 2024a. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/wp-content/uploads/2024/12/caminhos-do-agro-tecnologias-que-transformam-o-campo.pdf>. Acesso em: 24 maio 2025.

CROPLIFE BRASIL. **Desafios e oportunidades para o mercado brasileiro de bioinsumos**. 2024. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/wp-content/uploads/2024/12/desafios-e-oportunidades-para-o-mercado-brasileiro-de-bioinsumos.pdf>. Acesso em: 24 maio 2025.

CROPLIFE BRASIL. Mercado de bioinsumos cresceu 15% na safra 2023/2024. CropLife Brasil, 26 jun. 2024. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/mercado-de-bioinsumos-cresceu-15-na-safra-2023-2024/>. Acesso em: 24 maio 2025.

CRUZ, Dennis Ricardo Cabral; SANTOS, Fenelon Lourenço de Sousa; SANCHES, Danilo de Souza. O uso de bioinsumos na agricultura brasileira: uma revisão sobre impactos ambientais e econômicos. **Revista Mirante**, Anápolis, v. 18, n. 3, p. 110–130, dez. 2025. ISSN 1981-4089.

DHAKAL, Damodar; KOOMSAP, Pisut; LAMICHHANE, Anita; SADIQ, Muhammad Bilal; ANAL, Anil Kumar. Optimization of collagen extraction from chicken feet by papain hydrolysis and synthesis of chicken feet collagen based biopolymeric fibres. **Food Bioscience**, [S.l.], v. 26, p. 100–107, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2018.03.003>.

EMBRAPA. **Radar Inoculantes: panorama do mercado de inoculantes no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br>. Acesso em: 18 de janeiro de 2026.

ESYANTI, R. R.; DWIVANY, F. M.; MAHANI, S.; NUGRAHAPRAJA, H.; MEITHA, K. Foliar application of chitosan enhances growth and modulates expression of defense genes in chilli pepper (*Capsicum annuum* L.). **Australian Journal of Crop Science**, v. 13, p. 55-60, 2019. DOI: <https://doi.org/10.21475/ajcs.19.13.01.p116>

FANIMO, A. O.; ODUGUWA, B. O.; ODUGUWA, O. O.; AJASA, O. Y.; JEGEDE, O. Feeding value of shrimp meal for growing pigs. **Archivos de Zootecnia**, v. 53, p. 77–85, 2004.

FOGAÇA, Fabíola Helena dos Santos; LEGAT, Angela Puchnick; PEREIRA, Alitiene Moura Lemos; LEGAT, Jefferson Francisco Alves. **Métodos para análise de pescados**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009. 40 p. (Documentos / Embrapa Meio-Norte, ISSN 0104-866X; 189). Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/663797>. Acesso em: 24 maio 2025 .

FOGAÇA, Fabíola Helena dos Santos; VIEIRA, Sidely Gil Alves; SANTOS FILHO, Luiz Gonzaga Alves dos; MAGALHÃES, João Avelar; GOMES, Thiago Nobre; FERREIRA, Irani Alves; SILVA, Thiago Fernandes Alves. Padronização da produção e desenvolvimento de tecnologias de estocagem da farinha de cefalotórax de camarão marinho (*Litopenaeus vannamei*). **Magistra**, v. 26, n. 3, p. 277–284, jul./set. 2014. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1008017>. Acesso em: 24 maio 2025.

FRANZONI, G.; COCETTA, G.; PRINSI, B.; FERRANTE, A.; ESPEN, L. Biostimulants on crops: their impact under abiotic stress conditions. **Horticulturae**, [S.l.], v. 8, n. 3, p. 189, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae8030189>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2311-7524/8/3/189>. Acesso em: 24 maio 2025.

FREITAS, Arlan Silva; LOPES, Alexandra Basílio; STEPHAN, Marília Penteado; CORNEJO, Félix Emílio Prado; FURTADO, Ângela Aparecida Lemos. Composição química e protéico-molecular da farinha de resíduos de camarão-sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*). **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 20, n. 1, p. 111–120, jan./jun. 2002. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/415920>. Acesso em: 23 maio 2025.

JARDIN, Patrick du. **The science of plant biostimulants – A bibliographic analysis**. Ad hoc study report. Bruxelas: European Commission, 2012. Disponível em: https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/169257/1/Plant_Biostimulants_final_report_bio_2012_en.pdf. Acesso em: 24 maio 2025.

KINPARA, D. I. A importância estratégica do potássio para o Brasil. Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados**, 2003. 27 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/568191/1/doc100.pdf>. Acesso em: 18 de janeiro de 2026.

KUMARI, Suneeta; ANNAMAREDDY, Sri Hari Kumar; ABANTI, Sahoo; RATH, Pradip Kumar. Physicochemical properties and characterization of chitosan synthesized from fish scales, crab and shrimp shells. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 104, p. 1697–1705, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.04.119>.

LIMA, J. de F.; DUARTE, S. S.; DAMASCENO, L. F. Relações biométricas e rendimentos de carne e resíduos de camarão-da-amazônia capturados na Foz do Rio Amazonas. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, n. 103, Embrapa Amapá, Macapá, nov. 2018. ISSN 1517-4867. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1100233>. Acesso em: 23 maio 2025.

MAPBIOMAS. Plataforma MapBiomass – Coleção 8.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil. Atualizado em 2023. Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/cobertura> . Acesso em: 24 maio 2025.

MATHUR, Nawal K.; NARANG, Chander K. Chitin and chitosan, versatile polysaccharides from marine animals. **Journal of Chemical Education**, v. 67, n. 11, p. 938–942, nov. 1990. DOI: <https://doi.org/10.1021/ed067p938>.

MENÉNDEZ, D. C.; RODRÍGUEZ, A. B. F.; HERNÁNDEZ, L.T. Effect of chitosan molecular mass on germination and in vitro growth of soy. In: **Cultivos Tropicales**, vol. 41, nº 1, 10 p., 2020.

MONDAL, M.; PUTEH, A. B.; DAFADER, N. C. Foliar application of chitosan improved morphophysiological attributes and yield in summer tomato (*Solanum lycopersicum*). **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**, v.53, p.339-344, 2016. DOI: <https://doi.org/10.21162/PAKJAS/16.2011>

MOUSSIAN, Bernard. Chitin: structure, chemistry and biology. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, v. 1142, p. 5–18, 2019. DOI: 10.1007/978-981-13-7318-3_2 .

NOVIKOV, V. Y.; DERKACH, S. R.; KONOVALOVA, I. N.; DOLGOPYATOVA, N. V.; KUCHINA, Y. A. Mechanism of heterogeneous alkaline deacetylation of chitin: A review. **Polymers**, Basel, v. 15, n. 7, p. 1729, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym15071729>.

OLIVEIRA, Hugo Miguel Lisboa. **Produção de quitosana e desenvolvimento de novos materiais a partir de resíduos alimentares**. 2012. Dissertação (Doutorado em Ciência e Engenharia dos Materiais) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2012.

OLIVEIRA, Mari Silvia Rodrigues de; FRANZEN, Felipe de Lima; TERRA, Nelcindo Nascimento; KUBOTA, Ernesto Hashime. Utilização de enzimas proteolíticas para produção de hidrolisados proteicos a partir de carcaças de frango desossadas manualmente. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 18, n. 3, p., 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.4414>.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 24 maio 2025.

PASKOVIĆ, Igor; POPOVIĆ, Ljiljana; PONGRAC, Paula; POLIĆ PASKOVIĆ, Marija; KOS, Tomislav; JOVANOVIĆ, Pavle; FRANIĆ, Mario. Protein hydrolysates—production, effects on plant metabolism, and use in agriculture. **Horticulturae**, v. 10, n. 10, p. 1041, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae10101041>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2311-7524/10/10/1041>. Acesso em: 9 mar. 2026.

PENA, Igor Colares; FERREIRA, Leliane da Costa; DA COSTA, Wendel Favacho; DOS SANTOS, Pedro Paulo Conceição; DOS SANTOS, Winter Moraes; FREITAS, Safira Hagnes Ferreira; LAMARÃO, Renata Rodrigues; DOS SANTOS, Guilherme Sousa; DE SOUZA, Rodrigo Galvão Teixeira; BATISTA, Sérgio Orlando de Souza. Produção e análise de quitosana advinda de resíduos de casca de camarão regional (*Macrobrachium amazonicum*) da cidade de Macapá-AP, Brasil. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 22749–22762, abr. 2022. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv8n4-002>.

PÉREZ-AGUILAR, Henoc; HERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, Carlota; ARÁN-AIS, Francisca. Protein recovery from animal by-product wastewater rich in protein for application as biostimulant in agriculture. **Journal of Water Process Engineering**, [S.l.], v. 66, art. 106120, set. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2024.106120>.

PICHYANGKURA, R.; CHADCHAWAN, S. Biostimulant activity of chitosan in horticulture. **Scientia Horticulturae**, [S.l.], v. 196, p. 49–65, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.031>.

POVOLO, Chiara; AVOLIO, Rosa; DORIA, Enrico; MARRA, Antonio; NERESINI, Massimo. Development and validation of an analytical method to ensure quality requirements of hydrolysed proteins intended for agricultural use as biostimulants. **Talanta Open**, v. 5, 100082, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.talo.2022.100082>.

RAFAEL, Mark Joseph R.; VELASCO, Ravelina R. Characterization of fish protein hydrolysate from tilapia by-products using acid and enzymatic hydrolysis. **International Journal of Biosciences**, [S.l.], v. 22, n. 4, p. 85–95, abr. 2023. DOI: <https://doi.org/10.12692/ijb/22.4.85-95>.

RAYMOND, Louise; MORIN, Frederick G.; MARCHESSAULT, Robert H. Degree of deacetylation of chitosan using conductometric titration and solid-state NMR. **Carbohydrate Research**, Amsterdam, v. 246, p. 331–336, 1993. DOI: [https://doi.org/10.1016/0008-6215\(93\)84044-7](https://doi.org/10.1016/0008-6215(93)84044-7).

REIS, André Rodrigues dos; LANZA, Maria Gabriela D. B. **Aminoácidos desmistificando o uso na agricultura**. [S.l.], 2022a. Disponível em: https://physiotek.com.br/wp-content/uploads/2022/03/Download-E-book-aminoacidos_physiotek_2022.pdf. Acesso em: 19 de janeiro de 2026.

ROSA, André Henrique. **Desenvolvimento de metodologia para extração de substâncias húmicas de turfas utilizando-se hidróxido de potássio**. 1998. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Araraquara, 1998.

RODRIGUES, Eva Regina de Oliveira. **Extração de compostos de algas utilizando hidróxido de potássio (KOH)**. 2018. Tese (Doutorado em Biotecnologia e Biociências) – Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia e Biociências, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

ROCHA, Lorrany Kerllyonai Santana. **Composição química e protéico-molecular da farinha de resíduos de camarão-sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*)**. 2016. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2016.

SAMARAH, N. H.; WANG, H.; WELBAUM, G. E. Pepper (*Capsicum annuum*) seed germination and vigour following nanochitin, chitosan or hydropriming treatments. **Seed Science and Technology**, v. 44, p. 609–623, 2016. DOI: <https://doi.org/10.15258/sst.2016.44.3.18>.

Silverstein, R. M. et al. Identificação espectrométrica de compostos orgânicos. 7° Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

SILVA, Cristiane Pereira da. Composição nutricional e análise microbiológica do hidrolisado proteico de subprodutos de camarão da espécie *Litopenaeus vannamei*. 2004. 77 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição) – Programa de Pós-Graduação em Nutrição, Centro de Ciências da Saúde, Universidade de Pernambuco, Recife, 2004.

STABILE, Marice Nogueira de Oliveira. **Hidrolisados de carne bovina: biotecnologia de obtenção.** 1989. 139 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/9/9133/tde-07052015-112608/pt-br.php>. Acesso em: 24 maio 2025.

TRUNG, Trang Si et al. Improved method for production of chitin and chitosan from shrimp shells. **Carbohydrate Research**, [S.l.], v. 489, p. 107913, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carres.2020.107913>.

UNIÃO EUROPEIA. Regulamento (UE) 2019/1009 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de junho de 2019, que estabelece regras relativas à disponibilização no mercado de produtos fertilizantes da UE e altera os Regulamentos (CE) nº 1069/2009 e nº 1107/2009 e revoga o Regulamento (CE) nº 2003/2003. **Jornal Oficial da União Europeia**, L 170, p. 1–114, 25 jun. 2019. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2019/1009/oj/eng>. Acesso em: 24 maio 2025.

VÁZQUEZ, José Antonio et al. Optimization of high purity chitin and chitosan production from *Illerix argentinus* pens by a combination of enzymatic and chemical processes. **Carbohydrate Polymers**, v. 174, p. 262–272, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.06.070>.

VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro (org.); et al. **Diagnóstico e desafios da agricultura brasileira.** Brasília, DF: Ipea, 2019. Disponível em: <https://dea.ufc.br/wp-content/uploads/2019/11/diagnostico-e-desafios-da-agricultura-brasileira.pdf>. Acesso em: 24 maio 2025.

VIOLA, Eduardo; MENDES, Vinícius. Agricultura 4.0 e mudanças climáticas no Brasil. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 25, 2022. DOI: 10.1590/1809-4422asoc20200246r2vu2022L3AO. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/Bwg7NVTs5kcrK6WRxbqh4LS/?lang=pt>. Acesso em: 18 de janeiro de 2026.

YOUNES, Islem; GHORBEL-BELLAJ, Olfa; NASRI, Rim; CHAABOUNI, Moncef; RINAUDO, Marguerite; NASRI, Moncef. Chitin and chitosan preparation from shrimp shells using optimized enzymatic deproteinization. **Process Biochemistry**, [S.l.], v. 47, p. 2032–2039, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2012.07.017>.

ZHANG, Jie; XU, Wen-Rong; ZHANG, Yu-Cang. Facile production of chitin from shrimp shells using a deep eutectic solvent and acetic acid. **RSC Advances**, v. 12, n. 35, p. 22631–22638, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/D2RA03417D>. Acesso em: 26 maio 2025.