

Variação sazonal do teor de carragenana da biomassa algal e residual de *Kappaphycus alvarezii* cultivada na região de Florianópolis, Brasil

Felipe de Souza Dutra,^{1,3*} Aline Nunes², Alex Ricardo Schneider^{1,3}, Eva Regina Oliveira³, Alex Alves Santos⁴, Giuseppina Pace Pereira Lima², Sidnei Moura¹ e Marcelo Maraschin³

Resumo – A macroalga *Kappaphycus alvarezii*, com cultivo aprovado em Santa Catarina (SC) em 2020, foi introduzida no Brasil para produção de carragenana, mas ganhou relevância pelo uso do extrato aquoso como biofertilizante, gerando biomassa residual. Este estudo analisou os teores de carragenana na biomassa algal e residual de duas fazendas marinhas de SC, coletadas sazonalmente. A biomassa algal apresentou teor médio de 35,8% de carragenana (g/g de peso seco), contra 19,7% no resíduo, com variação significativa entre estações. O pico ocorreu na primavera: 65,7% na biomassa algal e 30,1% na residual. Conclui-se que ambas as biomassas possuem teores relevantes de carragenana, viabilizando um cultivo dual que integra biofertilizantes e extração do polissacarídeo. A valorização do resíduo não apenas minimiza descartes da indústria de biofertilizantes, mas também abre caminho para produtos ecológicos de alto valor agregado, alinhando-se à economia circular. Os resultados validam a viabilidade técnico-econômica em SC e propõem um modelo sustentável que transforma subprodutos em insumos estratégicos para a aquicultura.

Termos para indexação: Polissacarídeo; Economia circular; Maricultura.

Seasonal variation of carrageenan content extracted from the algal and residual biomass of *Kappaphycus alvarezii* cultivated in Florianópolis region, Brazil

Abstract – The macroalgae *Kappaphycus alvarezii*, approved for cultivation in Santa Catarina (SC), Brazil, in 2020, was initially introduced for carrageenan production but gained prominence due to its aqueous extract's use as a biofertilizer, generating residual biomass. This study analyzed carrageenan content in algal and residual biomass from two marine farms in SC, seasonally collected. Fresh algal biomass showed an average carrageenan content of 35.8% (g/g of dry weight), compared to 19.7% in residual biomass, with significant seasonal variation. Peak values occurred in spring: 65.7% in algal biomass and 30.1% in residual biomass. The results demonstrate that both algal and residual biomass contain significant carrageenan levels, enabling a dual cultivation system that integrates biofertilizer production with polysaccharide extraction. Residual biomass valorization not only minimizes waste from the algal biofertilizer industry but also paves the way for eco-friendly high-value products, aligning with circular economy principles. These findings validate the techno-economic feasibility of *K. alvarezii* cultivation in SC and propose a sustainable model that transforms by-products into strategic inputs for aquaculture, fostering resource efficiency and environmental stewardship.

Index terms: Aqueous extract; Biostimulant; Rhodophyta.

A macroalga vermelha *Kappaphycus alvarezii* (Divisão Rhodophyta) é uma das espécies mais cultivadas mundialmente, sendo utilizada como a principal matéria-prima à extração de carragenana (Mamat *et al.*, 2024). Carragenana é uma designação genérica

dada a polissacarídeos da família das galactanas naturais, que apresenta características físico-químicas que lhe conferem propriedades gelificantes, espessantes, emulsificantes e estabilizantes, com ampla utilização nas indústrias alimentícia, farmacêutica,

química e de cosméticos (Rudke; Andrade; Ferreira, 2020; Mamat *et al.*, 2024). Existem três classes de carragenanas: kappa (κ), iota (ι), e lambda (λ), de acordo com seu padrão de substituição de grupamentos sulfato e seu teor de 3, 6-anidro-galactose.

Recebido em 12/12/2024. Aceito para publicação em 27/02/2025.

Editora de seção: Marina L. Mitterer Daltoé/ UTFPR

DOI: <https://doi.org/10.52945/rac.v38i1.1964>

¹ Engenheiro-agrônomo, Dr., UCS, Universidade de Caxias do Sul, RS. E-mail: felipedutra.rez@gmail.com*; arschneider1@ucs.br; smsilva11@ucs.br

² Engenheiro-agrônomo(a), Dr.(a), UNESP, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, SP. E-mail: alinenunes_bio@hotmail.com; pace.lima@unesp.br

³ Engenheiro-agrônomo, Dr., UFSC, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, Florianópolis, SC. E-mail: ginagro@gmail.com; m2@cca.ufsc.br

⁴ Epagri/Cedap, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Florianópolis, SC. E-mail: alex@epagri.sc.gov.br

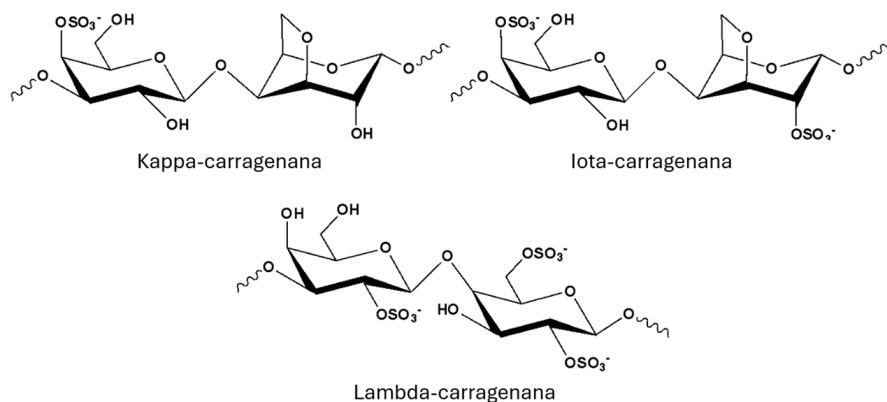


Figura 1. Tipos de carragenanas utilizadas industrialmente

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Figure 1. Types of carrageenan used industrially

Source: elaborated by the authors (2025)

Dentre esses tipos, κ -carragenana é o principal polissacarídeo produzido por *K. alvarezii* (Figura 1).

Nativa do Indo-Pacífico, *K. alvarezii* foi introduzida no Brasil em 1995, devido à demanda mundial e brasileira por carragenanas. O objetivo era tornar o Brasil autossuficiente na produção deste coloide (Oliveira; Silva; Amancio, 2009). Em 2020, seu cultivo comercial foi aprovado em Santa Catarina (IBAMA - Brasil, 2020), após comprovada sua viabilidade técnica e ambiental em águas subtropicais, como na região da Grande Florianópolis, SC (Santos *et al.*, 2018). Entretanto, além da produção de carragenana, um novo nicho de negócio tem sido demandado pela indústria de fertilizantes e explorado pelos produtores catarinenses de *K. alvarezii*, a produção de biofertilizantes (Santos, 2024). Para isso, a biomassa macroalgal fresca é triturada e prensada para obtenção de seu extrato líquido, conhecido como biofertilizante, restando uma biomassa residual sólida. Assim, visando determinar a possibilidade de utilização dessa macroalga e do resíduo sólido, com base em seus conteúdos de carragenanas, amostras oriundas de duas fazendas marinhas localizadas em Florianópolis (RIB – Ribeirão da Ilha) e Palhoça (PAL) foram coletadas no outono, inverno, primavera e verão, nos anos de 2022 e 2023.

Coletaram-se duas amostras por estação/local (16 de biomassa algal e 16 de biomassa residual). As amostras, recebidas frescas, tiveram alíquotas de 20g congeladas e liofilizadas (-45°C, 0,030mbar, 20h). A extração de carragenana seguiu protocolo adaptado de Hayashi (2001): 1g de biomassa seca foi imerso em 500mL de KOH 6%, aquecido a 60°C por 4h. Filtrada, a biomassa foi dialisada em água destilada por 24h para remover KOH residual. Em seguida, foram mantidas em 500mL de água destilada a 80°C por 4h, com agitação ocasional. Após 2h, a biomassa algal foi macerada e reintroduzida na solução por mais 2h. O hidrogel resultante foi filtrado a vácuo, removendo impurezas. Cinco alíquotas de 50mL de cada amostra receberam etanol 96% (1:3) e 0,2% KCl para precipitação, mantendo-se a 4°C por 24h. A carragenana precipitada foi filtrada e seca a 40°C até peso constante, com resultados expressos em porcentagem – peso seco (g) da carragenana/peso seco da amostra original (g).

Os resultados indicaram um conteúdo médio de carragenana superior nas amostras de biomassa algal (35,8%), comparativamente ao da biomassa residual (19,7%). O teor de carragenana nas amostras variou de 17,0 a 65,7%, para biomassa algal, e 11,3% a 30,1% para a residual (Tabela 1). Dentre

as amostras extraídas da biomassa algal, o maior teor (65,7%) foi detectado em biomassa coletada na primavera (PAL-6), diferindo significativamente das demais amostras. Na biomassa residual, resultado semelhante foi observado quanto à estação de produção (30,1%, primavera, RIB-6), todavia, não diferindo das amostras coletadas no verão (27,4% - RIB-8 e 27,9% - PAL-8) e inverno (27,8%, PAL-4). Ressalta-se que onze amostras (i.e., 68,75%) de biomassa algal e residual diferiram estatisticamente nos conteúdos de carragenanas para o mesmo local de produção e estação de coleta.

Em relação à sazonalidade, uma alta variação na concentração de carragenana foi detectada, tanto para a biomassa algal como para a biomassa residual, indicando a possibilidade de obtenção deste polissacarídeo na macroalga cultivada em SC ao longo de todo o ano (Figura 2).

A análise comparativa dos teores de carragenanas das biomassas algais e residuais de *K. alvarezii*, produzidas na região da Grande Florianópolis, revelou valores similares ao registrado na literatura. Como exemplo, Manuhara, Praseptiangga e Riyanto (2016) detectaram conteúdos médios de 31,32% de carragenana em *K. alvarezii* cultivada na Indonésia. De forma similar, Das *et al.* (2016) encontraram teores médios de 36,58% em amostras coletadas na Índia. Em estudo realizado em Florianópolis com amostras de *K. alvarezii*, Rudke *et al.* (2022) obtiveram rendimento de extração de carragenana de 50,25%, o que demonstra que *K. alvarezii* cultivada no estado de SC reúne as condições adequadas como fonte deste polissacarídeo de grande interesse industrial.

Além disso, demonstrou-se que a produção de carragenana ocorre em níveis apreciáveis ao longo de todo o ano, mesmo com variação sazonal, elevando o potencial industrial dessa espécie na região. O fato de os teores de carragenanas encontrados serem comparáveis aos registrados em outras

Tabela 1. Teor de carragenana (%) das biomassas fresca e residual da macroalga *Kappaphycus alvarezii* cultivada no Ribeirão da Ilha, Florianópolis (RIB) e Palhoça (PAL), no estado de Santa Catarina, ao longo das estações do ano
 Table 1. Carrageenan content (%) in fresh and residual biomass of the macroalgae *Kappaphycus alvarezii* cultivated in Ribeirão da Ilha, Florianópolis (RIB) and Palhoça (PAL), Santa Catarina State, across seasons

Amostra	Estação	Carragenana (%)	
		Biomassa Algal	Biomassa Residual
RIB 1	Outono	36,1 ± 12,0 ^c	19,9 ± 1,8 ^b
RIB 2	Outono	46,9 ± 0,9 ^b	14,9 ± 1,2 ^d
RIB 3	Inverno	49,7 ± 11,2 ^b	23,5 ± 7,3 ^b
RIB 4	Inverno	49,2 ± 6,1 ^b	20,9 ± 7,6 ^b
RIB 5	Primavera	21,8 ± 7,3 ^d	12,0 ± 1,6 ^d
RIB 6	Primavera	31,9 ± 3,4 ^{c *}	30,1 ± 5,1 ^{a *}
RIB 7	Verão	31,1 ± 2,8 ^c	11,8 ± 3,8 ^d
RIB 8	Verão	42,5 ± 4,8 ^b	27,4 ± 1,9 ^a
PAL 1	Outono	32,1 ± 6,0 ^c	13,3 ± 2,5 ^d
PAL 2	Outono	33,8 ± 6,9 ^c	11,3 ± 1,3 ^d
PAL 3	Inverno	21,4 ± 10,8 ^{d *}	16,7 ± 3,9 ^{c *}
PAL 4	Inverno	33,4 ± 8,7 ^{c *}	27,8 ± 2,7 ^{a *}
PAL 5	Primavera	17,0 ± 5,5 ^{d *}	19,1 ± 4,7 ^{b *}
PAL 6	Primavera	65,7 ± 5,6 ^a	23,0 ± 5,0 ^b
PAL 7	Verão	31,1 ± 10,1 ^c	15,2 ± 5,0 ^c
PAL 8	Verão	28,8 ± 6,6 ^{c *}	27,9 ± 2,5 ^{a *}
Média Geral		35,8 ± 13,8	19,7 ± 7,3

Valores com mesma letra dentro da coluna representam amostras que não diferem estatisticamente entre si (Scott & Knott, p<0,05). Valores com * representam amostras de alga e resíduo que não diferem estatisticamente entre si (Scott & Knott,<0,05%).
 # Values with the same letter within the column represent samples that do not differ statistically from each other (Scott & Knott, p<0.05). Values with * represent algae and residue samples that do not differ statistically from each other (Scott & Knott, <0.05%).

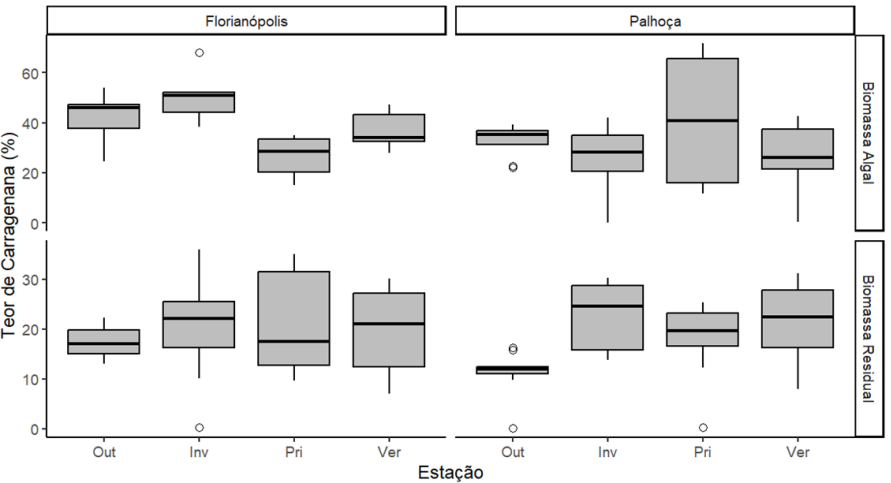


Figura 2. Teor de carragenana de *Kappaphycus alvarezii* cultivada no Ribeirão da Ilha, Florianópolis (RIB) e Palhoça (PAL), no estado de Santa Catarina, ao longo das estações do ano
 Fonte: Elaborado pelos autores (2025)
 Figure 2. Carrageenan content of *Kappaphycus alvarezii* cultivated in Ribeirão da Ilha, Florianópolis (RIB) and Palhoça (PAL), Santa Catarina State, across seasons
 Source: elaborated by the authors (2025)

regiões produtoras do mundo reforça a capacidade de produção deste polissacarídeo no Estado. Essa dinâmica sazonal nos teores de carragenana reflete uma sinergia entre fatores ambientais dinâmicos: luz moderada da primavera (Zhang *et al.*, 2024) e o aumento sazonal de nutrientes costeiros (Long *et al.*, 2024) potencializam a fotossíntese e a alocação de carbono para polissacarídeos estruturais, enquanto condições de elevado CO₂ e luz intensa em outras estações, redirecionam recursos para mecanismos de estresse, reduzindo a síntese de carragenana, porém mantendo sua viabilidade em biomassas residuais.

É relevante ressaltar que, embora os resíduos sólidos apresentem teores inferiores do polissacarídeo em comparação às macroalgas, eles representam uma valiosa oportunidade tecnológica que precisa ser melhor estudada. Tais resíduos oferecem possibilidade de desenvolvimento de novos processos e tecnologias de extração mais eficientes, resultando em um aproveitamento mais completo do polissacarídeo e de outros possíveis compostos com relevante valor comercial. A utilização do resíduo sólido pode contribuir significativamente para a redução de subprodutos da indústria de biofertilizante algal e o desenvolvimento de produtos ecológicos de maior valor agregado (devido ao baixo custo de produção), fortalecendo a cadeia produtiva de *K. alvarezii* de forma ambientalmente responsável, a partir de uma ótica de economia circular.

Contribuições dos autores

FSD: Escrita – Primeira redação, Validação, Investigação, Análise formal. AN: Escrita – Primeira redação, Análise formal. ARS: Escrita – revisão e edição. ERO: Escrita – revisão e edição. AAS: Escrita – revisão e edição. GPPL: Escrita – revisão e

edição. SM: Escrita – revisão e edição. MM: Conceituação, Administração do projeto, Financiamento, Escrita – revisão e edição.

Conflitos de interesses

Os autores declaram não haver conflitos de interesses neste trabalho.

Dados de pesquisa

Dados serão disponibilizados pelo autor por solicitação.

Financiamento

Este trabalho não obteve financiamento.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela bolsa a F.S.D. (processo nº 88887.696139/2022-00); à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), por meio da bolsa 2023/03886-1 a A.N. e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelas bolsas a M.M (processo nº 405949/2022-7), E.R.O. (processo nº 303956/2023-2), A.R.S (processo nº 142391/2020-4) e G.P.P.L (processo nº 311719/2023-6), que contribuíram significativamente para a realização desta pesquisa. Os autores agradecem também às empresas Algas Brasil e Verdemar pela gentileza quanto à doação das amostras de *K. alvarezii*.

Referências

BRASIL. IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Instrução Normativa nº 1, de 21 de janeiro de 2020**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-1-de-21-de-janeiro-de-2020-239404226>.

in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-1-de-21-de-janeiro-de-2020-239404226.

DAS, A.K.; SHARMA, M.; MONDAL, D.; PRASAD, K. Deep eutectic solvents as efficient solvent system for the extraction of κ-carrageenan from *Kappaphycus alvarezii*. **Carbohydrate Polymers**, v.136, p.930-935, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.09.114>.

HAYASHI, L. **Extração, teor e propriedades de carragenana de *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty ex P. Silva, em cultivo experimental em Ubatuba, SP**. 2001. 83p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

MAMAT, H.; ABDUL AZIZ, A.H.; ZAINOL, M.K.; PINDI, W.; MOHAMMAD RIDHWAN, N.; KOBUN, R.; PUTRA, N.R. Utilizing seaweeds for food production and applications: A comprehensive review of *Kappaphycus alvarezii*. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, v.33, n.7, p.553–572, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1080/10498850.2024.2381011>

LONG, C.; ZHANG, Y.; WEI, Z.; LONG, L. High nutrient availability modulates photosynthetic performance and biochemical components of the economically important marine macroalga *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta) in response to ocean acidification. **Marine Environmental Research**, v.194, n.106339, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2023.106339>

MANUHARA, G.J.; PRASEPTIANGGA, D.; RIYANTO, R.A. Extraction and characterization of refined κ-carrageenan of red algae [*Kappaphycus alvarezii* (Doty ex P.C. Silva, 1996)] originated from Karimun

Jawa Islands. **Aquatic Procedia**, v.7, p.106-111, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2016.07.014>.

OLIVEIRA, E.C.; SILVA, B.N.T.; AMANCIO, C.E. Fitobentos (Macroalgas). In: LOPES, R. M. **Informe sobre as espécies invasoras marinhas do Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p.107-139. 2009.

RUDKE, A.R.; ANDRADE, C.J.; FERREIRA, S.R.S. *Kappaphycus alvarezii* macroalgae: An unexplored and valuable biomass for green biorefinery conversion. **Trends in Food Science & Technology**, v.103, p.214-224, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.07.018>.

RUDKE, A.R.; SILVA, M.; ANDRADE, C.J.; VITALI, L.; FERREIRA, S.R.S. Green extraction of phenolic compounds and carrageenan from the red alga *Kappaphycus alvarezii*. **Algal Research**, v.67, p.1-9, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.algal.2022.102866>.

SANTOS, A.A.; DOROW, R.; ARAÚJO, L.A.; HAYASHI, L. Socioeconomic analysis of the seaweed *Kappaphycus alvarezii* and mollusks (*Crassostrea gigas* and *Perna perna*) farming in Santa Catarina State, Southern Brazil. **Custos e Agronegócio**, v.14, n.3, p.443-472, 2018.

SANTOS, A.A. Produção da macroalga *Kappaphycus alvarezii* em Santa Catarina, safra 2023/2024. **Agropecuária Catarinense**, v.37, n.3, p.9–11, 2024.

ZHANG, Y.; XIAO, Z.; WEI, Z.; LONG, L. Increased light intensity enhances photosynthesis and biochemical components of red macroalga of commercial importance, *Kappaphycus alvarezii*, in response to ocean acidification. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.208, n.108465, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2024.108465>