

Análise complementar da composição química da macroalga *Kappaphycus alvarezii* e de seus subprodutos produzida em Santa Catarina

Alex A. Santos¹, Alex R. Schneider², Felipe S. Dutra³, Sidnei M. Silva⁴, Eva R. Oliveira⁵, Gadiel Z. Azevedo⁶, Susane Lopes⁷, Aline Nunes⁸, Giuseppina P. P. Lima⁹ e Marcelo Maraschin¹⁰

Os resultados apresentados são relativos à segunda bateria de análises químicas que complementam parcialmente os resultados publicados no primeiro “Informe Técnico”, de um total de três baterias de análises programadas para conclusão do presente estudo (SANTOS et al., 2023). As amostras da macroalga *Kappaphycus alvarezii*, do seu extrato líquido e resíduo sólido foram coletadas nas fazendas marinhas do Ribeirão da Ilha, município de Florianópolis (RIB) e da Praia de Fora, município de Palhoça (PAL), de maio de 2022 a maio de 2023. Foram identificadas com os números de 1 a 8, com dois números para cada estação do ano, como segue: 1 e 2 (Outono), 3 e 4 (Inverno); 5 e 6 (Primavera); 7 e 8 (Verão). Dessa forma temos PAL1 e PAL2 + RIB1 e RIB2 para as amostras de outono e assim sucessivamente em todas as tabelas apresentadas.

Os teores de lipídios não apresentaram grandes variações relativas ao local e a época do ano, com mediais anuais de 4,98% para Palhoça e 4,61% para o Ribeirão da Ilha (Tabela 1).

Os carotenoides apresentaram variações importantes relativas às estações do ano e ao local de coleta e deverão ser avaliadas oportunamente (Tabela 2).

Tabela 1. Teores de lipídios no extrato líquido e no resíduo sólido da macroalga *Kappaphycus alvarezii* cultivada em Palhoça (PAL) e Florianópolis (RIB) – SC

Teor de Lipídios (%)					
Local de coleta	Extrato Líquido	Resíduo Sólido	Local de coleta	Extrato Líquido	Resíduo Sólido
PAL1	nd	4,67	RIB1	nd	3,73
PAL2	nd	4,77	RIB2	nd	4,07
PAL3	nd	4,87	RIB3	nd	3,83
PAL4	nd	4,90	RIB4	nd	5,13
PAL5	nd	4,27	RIB5	nd	5,50
PAL6	nd	5,50	RIB6	nd	4,83
PAL7	nd	5,17	RIB7	nd	5,20
PAL8	nd	5,70	RIB8	nd	4,57

Metodologia – Referência: ILLIJAS, M.I.; KIM, G.W.; HONDA, M.; ITABASHI, Y. Characteristics of fatty acids from the red alga *Kappaphycus alvarezii* (Doty) (Rhodophyta, Solireiaceae), *Algal Research*. V. 71. 2023.

¹ Pesquisador, Epagri - Centro de Desenvolvimento de Aquicultura e Pesca. Rod. Admar Gonzaga, 1188, Florianópolis, SC, E-mail: alex@epagri.sc.gov.br

^{2,3} Doutorando – Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia - UCS. Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, Caxias do Sul, RS.

⁴ Professor, Universidade de Caxias do Sul, RS. Travessão Solferino, 610-782 - Cruzeiro, Caxias do Sul, RS.

⁵ Pós-doutoranda/Fapescc – Programa de Pós-Graduação em Aquicultura – UFSC. Rod. Admar Gonzaga, 1346, Florianópolis, SC.

⁶ Graduando em Agronomia – CCA/UFSC. Rod. Admar Gonzaga, 1346, Florianópolis, SC.

⁷ Doutora em Biologia Celular - Laboratório de Morfogênese e Bioquímica Vegetal/UFSC. Rod. Admar Gonzaga, 1346, Florianópolis, SC.

⁸ Pós-doutoranda/Fapescc – Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia/Unesp. Rua: Prof. Doutor Walter Mauricio Correa s/n, Botucatu, SP.

⁹ Professora, Unesp - Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia/Unesp. Rua: Prof. Doutor Walter Mauricio Correa s/n, Botucatu, SP.

¹⁰ Professor, UFSC – Laboratório de Morfogênese e Bioquímica Vegetal. Rod. Admar Gonzaga, 1346, Florianópolis, SC - E-mail: m.maraschin@ufsc.br

Tabela 2. Teor de carotenóides no resíduo sólido da macroalga *Kappaphycus alvarezii* cultivada em Palhoça (PAL) e Florianópolis (RIB) - SC

Carotenóides ($\mu\text{g g}^{-1}$)			
Local de coleta	Resíduo Sólido	Local de coleta	Resíduo Sólido
PAL1	0,041	RIB1	0,049
PAL2	0,027	RIB2	0,026
PAL3	0,023	RIB3	0,046
PAL4	0,026	RIB4	0,122
PAL5	0,036	RIB5	0,133
PAL6	0,089	RIB6	0,035
PAL7	0,027	RIB7	0,027
PAL8	0,073	RIB8	0,033

Metodologia – Referência: SIMS, D.A. & GAMON, J.A.

Relationship between leaf pigment content and spectral reflectance across wide range of species, leaf structures and developmental stages. **Remote Sensing of Environment**, 81:337-354, 2002.

Junto aos valores apresentados para os macro e micronutrientes, foram adicionados os valores dos metais pesados, Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cromo, Molibdênio, Níquel e Selênio (Figura 3 e 4).

Os teores de cinzas apresentaram uniformidade entre os locais de coleta, com

variações discretas. Porém, os valores encontrados para os resíduos sólidos foram maiores do que para macroalga. Em relação aos ácidos graxos os valores foram muito superiores na macroalga para o Ribeirão da Ilha (Tabela 5).

O perfil de ácidos graxos foi identificado para amostras de macroalga, do extrato líquido e do resíduo sólido. No entanto, para o extrato líquido, a metodologia utilizada não detectou concentrações significativas e os dados não foram lançados em tabela. Mas para a macroalga e o resíduo sólido, os valores representam uma média anual de todas as amostras e, também, uma média entre os municípios de Florianópolis e Palhoça. A intenção foi a de entender como se comporta a concentração anual de ácidos graxos para a região de estudo (Figura 6).

Além da identificação regional, a concentração média anual do perfil de ácidos graxos foi também avaliada para os locais de coleta, ou seja, municípios de Florianópolis e de Palhoça, em amostras de macroalga, do extrato líquido e do resíduo sólido. Para o extrato líquido, a metodologia utilizada não detectou concentrações significativas e por esta razão não foram lançadas na tabela (Tabela 7).

Tabela 3. Teor de macro e micronutrientes do extrato líquido da macroalga *Kappaphycus alvarezii* cultivada em Palhoça (PAL) - SC

Fósforo	60	80	90	110	90	80	70	50
Potássio	140.070	18.230	15.420	14.790	16.140	10.790	13.090	13.780
Cálcio	70	130	120	140	180	150	120	80
Magnésio	170	340	320	320	510	420	270	170
Enxofre	290	630	680	740	980	600	370	290
Boro	0,785	1,569	1,328	1,55	2,132	1,988	1,445	1,097
Cobre	0,106	0,055	0,092	0,133	0,098	0,096	0,08	0,03
Ferro	6,78	3,79	12,09	2,1	4,4	4,6	8,89	3,77
Manganês	0,135	0,641	0,62	0,701	0,415	0,481	0,721	0,523
Sódio	1.872,25	3.068,54	2.530,87	2.523,30	3.457,86	3.262,90	2.101,59	1.901,05
Zinco	0,369	0,808	0,862	1,294	1,29	0,823	0,903	0,404
Nitrogênio	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Carbono total	1.500	14.400	10.700	18.700	1.400	400	12.000	10.200
Arsênio	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Cádmio	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Chumbo	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Cobalto	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Cromo	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Molibdênio	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Níquel	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Selênio	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Metodologia – Referência: U.S. EPA. 2014. «Method 6010D (SW-846): Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry.» Revision 4. Washington, DC.

U.S. EPA. 2007. "Method 3051A (SW-846): Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Oils," Revision 1. Washington, DC.

Tabela 4. Teor de macro e micronutrientes do extrato líquido da macroalga *Kappaphycus alvarezii* cultivada no Ribeirão da Ilha (RIB), em Florianópolis, SC

Nutrientes (mg kg ⁻¹)	Local de coleta							
	RIB 1	RIB 2	RIB 3	RIB 4	RIB 5	RIB 6	RIB 7	RIB 8
Fósforo	90	100	110	80	100	60	80	60
Potássio	10.570	17.290	14.770	11.050	11.460	9.710	10.680	8.780
Cálcio	80	120	120	120	120	120	140	90
Magnésio	160	290	260	260	320	360	200	180
Enxofre	230	610	640	520	700	440	320	250
Boro	1,163	1,44	1,185	0,961	1,844	1,303	1,357	1,343
Cobre	0,03	0,072	0,067	0,131	0,056	0,038	0,087	0,059
Ferro	3,95	2,55	4,62	4,8	2,24	2,46	3,7	2,06
Manganês	0,399	0,176	0,404	0,922	0,412	0,54	0,831	0,633
Sódio	1.872,25	1.863,06	3.434,28	2.626,38	2.215,92	3.617,44	3.279,62	2.397,03
Zinco	0,587	1,068	1,155	0,853	1,09	0,403	0,706	0,638
Nitrogênio	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Carbono total	13.400	8.000	6.600	1.100	15.700	2.200	10.700	1.400
Arsênio	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Cádmio	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Chumbo	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Cobalto	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Cromo	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Molibdênio	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Níquel	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Selênio	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Metodologia – Referência: U.S. EPA. 2014. «Method 6010D (SW-846): Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry,» Revision 4. Washington, DC.

U.S. EPA. 2007. "Method 3051A (SW-846): Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Oils," Revision 1. Washington, DC.

Tabela 5. Teor de cinzas e de ácidos graxos totais da macroalga *Kappaphycus alvarezii* e de seu resíduo sólido, cultivada em Palhoça (PAL) e Florianópolis (RIB), SC

Local de coleta	Cinzas (%)*		Ácidos Graxos (UA)**	
	Macroalga	Resíduo Sólido	Macroalga	Resíduo Sólido
PAL1	19,70	29,20	325.688,5	616.581,8
PAL2	27,60	33,30	282.724,6	494.592,9
PAL3	29,80	32,90	266.054,1	448.256,9
PAL4	23,40	30,80	213.300,2	253.186,6
PAL5	25,90	30,70	262.620,4	516.413,6
PAL6	24,30	30,00	192.656,7	725.850,5
PAL7	23,30	30,80	195.510,0	810.348,0
PAL8	22,70	30,70	230.154,9	1.014.355,5
RIB1		29,20	809.641,4	421.245,6
RIB2		33,30	660.496,6	491.704,4
RIB3		32,90	511.249,4	575.991,4
RIB4		30,80	423.421,5	494.607,0
RIB5		30,70	680.528,5	196.593,7
RIB6	22,50	30,00	442.941,7	168.613,6
RIB7	21,80	30,80	387.708,6	257.451,5
RIB8	27,50	30,70	605.952,2	270.532,1

Metodologia – Referência: * CARVALHO, H.H.; JONG, E.V.; BELLO, R.M.; SOUZA, R.B.; TERRA, M.F. Alimentos: métodos físicos e químicos de análise. Ed. Da Universidade, UFRGS, Porto Alegre, RS, 2002. 180p.

** O'FALLON, J.V.; BUSBOOM, J.R.; NELSON, M.L.; GASKINS, C.T. A direct method for fatty Acid methyl ester synthesis: Application to wet meat tissues, oils and feedstuffs. **Journal of Animal Science**. 85(6): 1511-1521. 2007.

Tabela 6. Teor médio do perfil de ácidos graxos das amostras da macroalga *Kappaphycus alvarezii* e do seu resíduo sólido, cultivada na região (Palhoça + Florianópolis, SC)

Ácido heptadecanoico	C17:0	29,86±6,48	38,43±6,56
Ácido cis-10-heptadecanoico	C17:1	10,02±6,92	6,90±3,75
Ácido esteárico	C18:0	0,01±0,04	
Ácido oleico	C18:1n9c	0,04±0,17	
Ácido elaídico	C18:1n9t	0,02±0,06	0,42±1,27
Ácido linoleico	C18:2n6c	1,32±0,71	2,12±1,58
Ácido linolelaídico	C18:2n6t	13,57±3,80	15,86±4,77
Ácido cis-11-eicosenoico	C20:11n9	0,08±0,29	
Ácido cis-11 14-eicosadienoico	C20:2	1,12±1,58	0,01±0,05
Ácido cis-11, 14, 17-eicosapentenoico	C20:3n3		0,06±0,24
Ácido araquidônico	C20:4n6		0,01±0,03
Ácido cis-5,8,11,14,17-eicosapentanoico	C20:5n3	0,08±0,21	0,16±0,45
Ácido heneicosanoico	C21:0	0,18±0,74	0,01±0,06
Ácido cis-13, 16-docosadienoico	C22:2	3,22±2,41	2,20±1,63
Ácido docosahexenoico	C22:6(n-3)	4,83±3,54	3,37±1,85
Ácido lignocérico	C24:0	0,29±1,17	4,72±6,27
Ácido nervônico**	C24:1n9		

**Amostras comprometidas

Metodologia – Referência: O'FALLON, J.V.; BUSBOOM, J.R.; NELSON, M.L.; GASKINS, C.T. A direct method for fatty acid methyl ester synthesis: Application to wet meat tissues, oils and feedstuffs. **Journal of Animal Science**. 85(6): 1511-1521. 2007.

Tabela 7. Teor do perfil de ácidos graxos de amostras de macroalga e de resíduo sólido de *Kappaphycus alvarezii* cultivada em Florianópolis e Palhoça - SC

Ácido Graxo (%)	Abrev.	Macroalga		Resíduo Sólido	
		RIB	PAL	RIB	PAL
Ácido Caprílico	C8:0	2,42±2,1	6,75±4,2		
Ácido undecanoico	C11:0				0,18±0,3
Ácido láurico	C12:0			2,38±4,8	2,65±4,0
Ácido mirístico	C14:0		0,09±0,3		
Ácido miristoleico	C14:1	1,16±0,5	0,62±0,6	2,54±0,5	1,38±0,7
Ácido pentadecanoico	C15:0	0,08±0,2		0,06±0,1	0,06±0,2
Ácido cis-10-pentadecanoico	C15:1	0,03±0,1		0,03±0,1	0,03±0,1
Ácido palmítico	C16:0				0,07±0,2
Ácido palmitoleico	C16:1	0,03±0,1	0,07±0,2		
Ácido heptadecanoico	C17:0	27,37±2,6	32,34±8,3	39,02±6,3	37,83±7,6
Ácido cis-10-heptadecanoico	C17:1	14,67±1,5	5,38±7,2	7,29±4,1	6,50±3,8
Ácido esteárico	C18:0	0,02±0,1			
Ácido oleico	C18:1n9c		0,08±0,2		
Ácido elaídico	C18:1n9t	0,04±0,1		0,84±1,8	
Ácido linoleico	C18:2n6c	1,00±0,2	1,64±0,9	2,96±2,0	1,27±0,5
Ácido linolelaídico	C18:2n6t	11,92±1,80	15,22±4,6	16,95±5,8	14,77±4,0
Ácido cis-11-eicosenoico	C20:11n9				
Ácido cis-11 14-eicosadienoico	C20:2	2,25±1,6			0,02±0,1
Ácido cis-11, 14, 17-eicosapentenoico	C20:3n3				0,12±0,3
Ácido araquidônico	C20:4n6				0,01±0,0
Ácido cis-5,8,11,14,17-eicosapentanoico	C20:5n3	0,15±0,3			0,32±0,6
Ácido heneicosanoico	C21:0	0,37±1,0			0,03±0,1
Ácido cis-13, 16-docosadienoico	C22:2	4,66±2,2	1,79±1,72	2,77±1,7	1,64±1,6
Ácido docosahexenoico	C22:6(n-3)	6,56±3,1	3,103±3,2	4,1±1,9	2,65±1,7
Ácido lignocérico	C24:0	0,58±1,7			9,44±6,2
Ácido nervônico*	C24:1n9				

*Amostra comprometida

Metodologia – Referência: O'FALLON, J.V.; BUSBOOM, J.R.; NELSON, M.L.; GASKINS, C.T. A direct method for fatty acid methyl ester synthesis: Application to wet meat tissues, oils and feedstuffs. **Journal of Animal Science**. 85(6): 1511-1521. 2007.

Os resultados acima totalizam 2/3 das análises químicas totais programadas. No próximo “**Informe Técnico**” encerraremos a apresentação dos valores encontrados e na sequência, os dados serão tratados e análises estatísticas serão realizadas para avaliação dos dados e publicação dos resultados finais em forma de artigo(s)científico(s).

Referências

- CARVALHO, H.H.; JONG, E.V.; BELLÔ, R.M.; SOUZA, R.B.; TERRA, M.F. **Alimentos: métodos físicos e químicos de análise**. Ed. Da Universidade, UFRGS, Porto Alegre, RS, 2002. 180p.
- ILLIJAS, M.I.; KIM, G.W.; HONDA, M.; ITABASHI, Y. **Characteristics of fatty acids from the red alga *Kappaphycus alvarezii* (Doty) (Rhodophyta, Solireiacea), *Algal Research***. 71. 2023.
- O’FALLON, J.V.; BUSBOOM, J.R.; NELSON, M.L.; GASKINS, C.T. A direct method for fatty acid methyl ester synthesis: Application to wet meat tissues, oils and feedstuffs. **Journal of Animal Science**. 85(6): 1511-1521. 2007.
- SANTOS, A.A.; SCHNEIDER, A.R.; DUTRA, F.S.; SILVA, S.M.; OLIVEIRA, E.R.; AZEVEDO, G.Z.; LOPES, S.; NUNES, A.; LIMA, G.P.P.; Maraschin, M. **Informe Técnico Nº 21**. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/infa/issue/view/282>. Acesso em: 28.09.2023.
- SIMS, D.A.; GAMON, J.A. Relationship between leaf pigment content and spectral reflectance across wide range of species, leaf structures and developmental stages. **Remote Sensing of Environment**, 81:337-354, 2002.
- U.S. EPA. 2014. “Method 6010D (SW-846): Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry,” Revision 4. Washington, DC.
- U.S. EPA. 2007. **Method 3051A (SW-846): Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Oils**, Revision 1. Washington, DC.

