

1 **Distribuição de ^{234}Th e ^{238}U em água do mar superficial ao longo estreito**
2 **de Bransfield, Antártica**

3
4 **Variação temporal das atividades de ^{234}Th total e ^{238}U dissolvido em**
5 **amostras de água do mar superficial no estreito de Bransfield, Antártica,**
6 **durante Março e Outubro de 2011**

7
8 Flávia V. Lapa; Alice M. R. Costa; Joselene de Oliveira

9 Laboratório de Radiometria Ambiental, Gerência de Metrologia das Radiações, Instituto de
10 Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN/CNEN – SP, Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 São
11 Paulo SP Brasil 05508-000

12 e-mail: fvlapa@ipen.br, lice_mrc@hotmail.com, jolivei@ipen.br

13
14 **Abstract** – In this study the naturally occurring radionuclides ^{234}Th and ^{238}U
15 were used to investigate the magnitude of upper ocean particulate organic
16 carbon export in Bransfield Strait, Southern Ocean. This region is the largest
17 oceanic high-nitrate low-chlorophyll (HNLC) area in the world and is known to
18 contribute to regulate of the atmospheric CO_2 via the biological pump. Due to its
19 different geochemical behavior in seawater, the resulting U/Th disequilibria can
20 be easily used to constrain the transport rates of particles and reaction
21 processes between solution and particulate phases. Sampling occurred during
22 the summer (March and November) 2011. Total ^{234}Th activities in surface

23 seawater samples ranged from 1.3 to 3.7 dpm L⁻¹ (station EB 011) during
24 March/11 campaign, while in October/11 total ²³⁴Th activity concentrations
25 varied from 1.4 to 2.9 dpm L⁻¹. Highest total ²³⁴Th activities were found late in
26 the austral summer season. Activity concentrations of dissolved ²³⁸U in surface
27 seawater varied from 2.1 to 2.4 dpm L⁻¹. Taking into account all sampling
28 stations established in March and October/11 the relative variability of total
29 ²³⁴Th distribution was 22%.

30

31 **Keywords** – natural radionuclides, tracers, ²³⁴Th, ²³⁸U; disequilibrium

32 **Introdução**

33 O Oceano Austral desempenha importante papel na mudança climática
34 global, uma vez que é considerado como sorvedouro de dióxido de carbono
35 (CO₂) atmosférico.

36 De acordo com diversos autores (Tokarczyk, 1987; Niiler *et al.*, 1991;
37 Gracia *et al.*, 1994; Zhou *et al.*, 2006) o estreito de Bransfield é uma região
38 altamente produtiva para todos nos níveis tróficos, e muito dinâmica sob a
39 influência de águas do Mar de Weddell e Bellingshausen.

40 O principal mecanismo de remoção de CO₂ da atmosfera para o interior
41 do oceano é a “bomba biológica”, processo governado pela fotossíntese
42 através do qual cerca de 20-40% do carbono fixado pelo fitoplâncton é
43 exportado para o fundo do oceano pelo afundamento de material biogênico
44 (Eppely & Peterson, 1979, Huntley *et al.*, 1991).

45 O desequilíbrio ^{234}Th com seu respectivo pai radioativo, ^{238}U , nas
46 camadas superficiais do oceano tem sido intensamente utilizado para estimar
47 os fluxos de carbono orgânico particulado (COP).

48 O ^{234}Th é um radionuclídeo natural altamente partícula reativo produzido
49 continuamente na água do mar pelo decaimento radioativo de seu precursor
50 solúvel e de caráter conservativo com a salinidade, o ^{238}U . Na água do mar o
51 ^{234}Th encontra-se adsorvido no material particulado. Devido a sua meia-vida
52 relativamente curta ($t_{1/2} = 24,1$ dias) é apropriado para quantificar processos
53 que ocorrem em escala de tempo de dias a semanas.

54 O principal objetivo deste estudo foi avaliar a variação temporal das
55 distribuições de ^{234}Th e ^{238}U em águas superficiais do estreito de Bransfield,
56 durante as campanhas de Março de 2011 (Operantar XXIX) e Outubro de 2011
57 (Operantar XXX).

58

59 **Material e Métodos**

60 A área estudada localiza-se no estreito de Bransfield, que é considerado
61 um mar semi-fechado com aproximadamente 300 km de comprimento e 100
62 km de largura, situado entre o arquipélago Shetland do Sul e a ponta nordeste
63 da Península Antártica. Este estreito é uma região profunda, estreita e de
64 origem vulcânica. A parte nordeste do estreito de Bransfield abre-se nos mares
65 de Weddell e Scotia. E a parte sudoeste está ligada a leste do Mar de
66 Bellingshausen, através do estreito de Gerlache (Yi *et al.*, 2005).

67 Foram realizados dois cruzeiros oceanográficos a bordo do Navio de
68 Apoio Oceanográfico Ary Rongel da Marinha do Brasil, compreendendo a área
69 localizada entre as latitudes 63°S – 60°S e longitudes 53°W – 62°W.

70 A primeira amostragem foi realizada no final do verão no período de
71 08/03/2011 a 06/04/2011, onde foram estabelecidas 47 estações superficiais
72 (Figura 1), e a segunda amostragem foi realizada no início do verão no período
73 de 13/10/2011 a 14/11/2011, onde foram estabelecidas 17 estações
74 superficiais (Figura 2). As amostras de água do mar superficial foram coletadas
75 com auxílio de garrafas tipo Niskin.

76 Para determinação de ^{234}Th em amostras de água do mar utilizamos o
77 método modificado descrito por Van der Loeff & Moore (1999). Esta técnica se
78 baseia na precipitação de dióxido de manganês (MnO_2) que arrasta
79 preferencialmente o ^{234}Th e em quantidade desprezível o ^{238}U . A medida de
80 ^{234}Th é realizada pela detecção de seu produto de decaimento radioativo, o
81 $^{234\text{m}}\text{Pa}$, emissor beta de alta energia.

82 A salinidade foi determinada a partir de um salinômetro indutivo da
83 marca Beckman, Modelo RS-10, precisão $\pm 0,01$. A calibração do salinômetro
84 foi realizada com água do mar padrão da *International Association of Physical*
85 *Sciences of the Ocean (IAPSO – Standard Seawater Service)* (Grasshoff *et al.*,
86 1988).

87 As atividades de ^{238}U foram estimadas a partir dos dados de salinidade,
88 devido ao seu caráter conservativo em água do mar (Chen *et al.*, 1986).

89

90 **Resultados e Discussão**

91 Foram observadas que as atividades de ^{234}Th total em amostras de água
92 do mar superficial estudadas ao longo do estreito de Bransfield oscilaram de
93 1,33 dpm L⁻¹ a 3,71 dpm L⁻¹ (EB011) durante a campanha de Março/2011,
94 enquanto que em Outubro/2011 oscilaram de 1,38 dpm L⁻¹ a 2,87 dpm L⁻¹
95 (EB006) (Tabelas 1 e 2).

96 Os valores de salinidade em Março/2011 variaram de 33,70 a 35,35, e
97 de 30,53 a 34,16 em Outubro/2011. A concentração de atividade de ^{238}U
98 dissolvido nas amostras de água do mar superficial foi estimada a partir dos
99 dados de salinidade. As atividades de ^{238}U dissolvido variaram de 2,33 dpm L⁻¹
100 a 2,44 dpm L⁻¹ (EB011) em Março/2011, e de 2,11 dpm L⁻¹ a 2,36 dpm L⁻¹
101 (EB032) em Outubro/ 2011 (Tabelas 1 e 2).

102 Razões de atividade (RA) ^{234}Th total/ ^{238}U dissolvido variaram de 0,57 a
103 1,52 (EB011) durante a campanha realizada em Março/2011, enquanto que na
104 campanha de Outubro/2011 os valores variaram de 0,60 a 1,23 (EB006)
105 (Tabelas 1 e 2).

106

107 **Conclusões**

108 Aumentos não conservativos das atividades de ^{234}Th total em relação ao
109 ^{238}U dissolvido (resultando em RA > 1,0), na campanha de Março/2011, foram
110 observados em 14 estações superficiais e em 7 estações na campanha de
111 Outubro/2011, esses aumentos podem ser representativos de vários

112 processos, dentre eles: (a) baixa resolução das medidas de ^{234}Th total; (b)
113 processos de resuspensão e/ ou afloramento; (c) outras fontes de ^{234}Th total
114 para o sistema estudado, por exemplo, aquelas relacionadas com o
115 derretimento e escoamento de gelo.

116 As razões de atividade ^{234}Th total/ ^{238}U dissolvido próximas a 1,0 indicam
117 fluxos menores de particulado exportado, enquanto que valores em torno de
118 0,6, nas camadas superficiais do oceano sugerem fluxos mais elevados.
119 Valores próximos a 0,6 foram observados nas estações EB001, EB004, EB006,
120 EB007, EB010, EB021, EB029 EB037, EB038, EB039, EB040 e EB041 em
121 Março/2011, enquanto que em Outubro/2011 nas estações EB027, EB028 e
122 EB029.

123

124 **Agradecimentos:** Este estudo teve a contribuição de vários colaboradores,
125 sem os quais seria impossível a realização deste trabalho. Em particular,
126 agradecemos os pesquisadores, a tripulação embarcada no NApOc Ary Rongel
127 da Marinha do Brasil pela atenção e assistência e ao CNPq pelo financiamento
128 do projeto Carbothorium (nº 557125/2009-0) e pela concessão de bolsa de
129 mestrado (nº 159119/2010-3).

130

131 **Referências**

132 Chen, J.H.; Edwards, R.L. & Wasserburg, G.J. 1986. ^{238}U , ^{234}U and ^{232}Th in
133 seawater. Earth and Planetary Science Letters, v.80, p. 241–251.
134

- 135 Eppley, R. W. & Peterson, B. J. 1979 Particulate organic matter flux and
136 planktonic new production in the deep ocean. *Nature* 282, 677–680.
137
- 138 García, M.A.; López, O.; Sospedra, J.; Espino, M.; Gra`cia, V.; Morrison, G.;
139 Rojas, P.; Figa, J.; Puigdef`abregas, J. & Arcilla, A.S. 1994. Mesoscale
140 variability in the Bransfield Strait region Antarctica. during Austral summer. *Ann.*
141 *Geophysicae*. 12: 856-867.
142
- 143 Grasshoff, K.; Kremling, K.; Ehrhardt, M. 1998. *Methods of Seawater Analysis*.
144 3rd Ed. Wiley-Vch, Weinheim, Federal Republic of Germany.
145
- 146 Huntley, M. E., Lopez, M. D. G. & Karl, D. M. 1991 Top predators in the
147 Southern Ocean: a major leak in the biological carbon pump. *Science* 253, 64–
148 66.
149
- 150 Niiler, P.P.; Amos, A. & Hu, J.H.. 1991. Water masses and 200 m relative
151 geostrophic circulation in the western Bransfield Strait region. *Deep-Sea*, 38:
152 943-959.
153
- 154 Rutgers Van der Loeff, M. & Moore, W. S. 1999. Determination of natural
155 radioactive tracers. In: *Methods of Seawater Analysis*, Verlag Chemie,
156 Weinheim, Chapter 13.
157
- 158 Tokarczyk, R., 1987. Classification of water masses in the Bransfield Strait and
159 southern part of the Drake Passage using a method of statistical
160 multidimensional analysis. *Pol. Polar*, 8: 333-366.
161
- 162 Yi, S., Batten, D.J. & Lee, S.J. 2005. Provenance of recycled palynomorph
163 assemblages recovered from surficial glaciomarine sediments in Bransfield
164 Strait, offshore Antarctic Peninsula. *Cretaceous Research*, 26: 906-919.
165
- 166 Zhou, M.; Niiler, P.P.; Zhu, Y. & Dorland, R.D. 2006. The western boundary
167 current in the Bransfield Strait, Antarctica. *Deep-Sea Research I*, 53: 1244-1252.

168

169 **Listagem de tabelas e figuras**

170 Figura 1. Mapa de localização das estações de amostragem da campanha
171 realizada em Março/2011 (Operantar XXIX), no estreito de Bransfield, Antártica.

172 Figura 2. Mapa de localização das estações de amostragem da campanha
173 realizada em Outubro/2011 (Operantar XXX), no estreito de Bransfield,
174 Antártica.

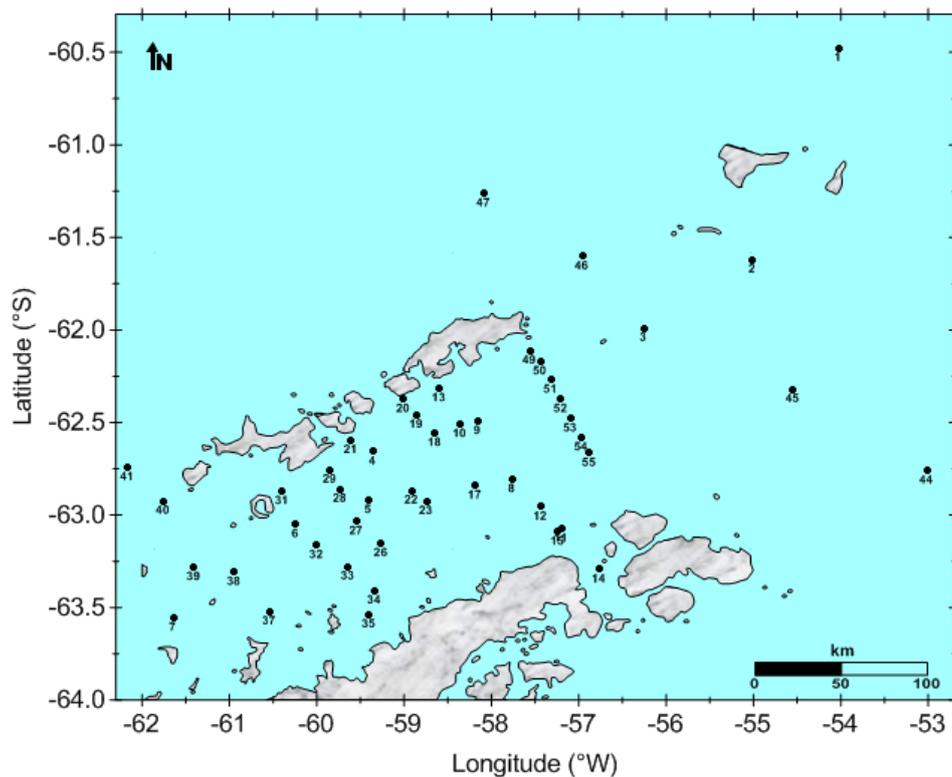
175 Tabela 1. Concentrações de atividade de ^{234}Th total, ^{238}U dissolvido,
176 distribuição das razões de atividade $^{234}\text{Th}/^{238}\text{U}$ e valores de salinidade em
177 amostras de água do mar superficial em Março/2011.

178 Tabela 2. Concentrações de atividade de ^{234}Th total, ^{238}U dissolvido,
179 distribuição das razões de atividade $^{234}\text{Th}/^{238}\text{U}$ e valores de salinidade em
180 amostras de água do mar superficial em Outubro/2011.

181

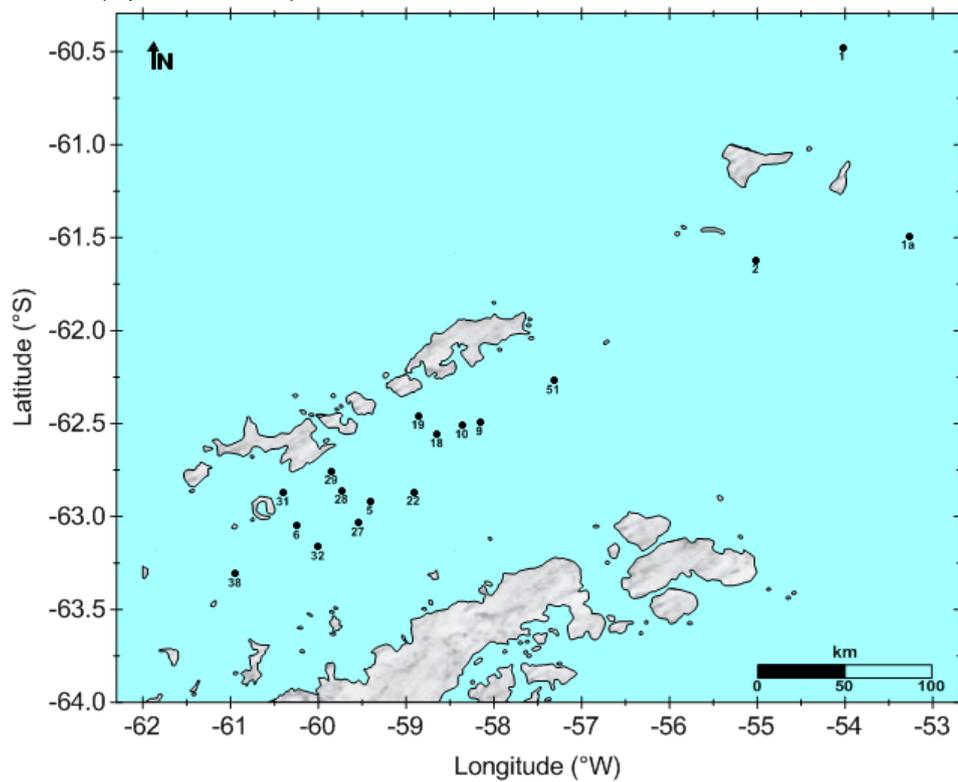
182 **Tabelas e Figuras**

183 FIGURA 1. Mapa de localização das estações de amostragem da campanha realizada em
 184 Março/2011 (Operantar XXIX), no estreito de Bransfield, Antártica.



185

186 FIGURA 2. Mapa de localização das estações de amostragem da campanha realizada em
 187 Outubro/2011 (Operantar XXX), no estreito de Bransfield, Antártica.



188

189 TABELA 1 - Concentrações de atividade de ^{234}Th total, ^{238}U dissolvido, distribuição das razões
 190 de atividade $^{234}\text{Th}/^{238}\text{U}$ e valores de salinidade em amostras de água do mar superficial em
 191 Março/2011.

Estação	Salinidade	^{234}Th total (dpm L ⁻¹)	^{238}U (dpm L ⁻¹)	$^{234}\text{Th}/^{238}\text{U}$
EB001	33,91	1,65	2,34	0,71
EB002	34,14	2,18	2,36	0,93
EB003	34,24	2,53	2,36	1,07
EB004	34,17	1,78	2,36	0,75
EB005	34,30	1,99	2,37	0,84
EB006	34,13	1,61	2,35	0,68
EB007	33,86	1,76	2,34	0,76
EB008	34,09	2,50	2,35	1,06
EB009	34,25	2,72	2,36	1,15
EB010	34,20	1,76	2,36	0,74
EB011	35,35	3,71	2,44	1,52
EB012	34,37	2,23	2,37	0,94
EB013	34,08	2,32	2,35	0,99
EB014	34,36	2,26	2,37	0,95
EB015	34,32	2,47	2,37	1,04
EB017	34,25	2,42	2,36	1,02
EB018	34,22	2,74	2,36	1,16
EB019	34,07	2,48	2,35	1,05
EB020	34,01	2,08	2,35	0,89
EB021	33,96	1,52	2,34	0,65
EB022	34,32	2,06	2,37	0,87
EB023	34,37	2,03	2,37	0,86
EB026	34,30	2,12	2,37	0,90
EB027	34,27	2,16	2,36	0,91
EB028	34,27	2,04	2,36	0,86
EB029	33,99	1,83	2,35	0,78
EB031	33,94	2,02	2,34	0,86
EB032	34,29	2,09	2,37	0,88
EB033	34,00	2,05	2,35	0,87
EB034	34,16	2,23	2,36	0,95
EB035	34,34	2,13	2,37	0,90
EB037	34,05	1,33	2,35	0,57
EB038	33,70	1,38	2,33	0,59
EB039	33,93	1,69	2,34	0,72
EB040	34,02	1,77	2,35	0,76
EB041	33,92	1,41	2,34	0,60
EB044	34,03	2,52	2,35	1,07
EB045	34,26	2,45	2,36	1,04
EB046	34,06	2,00	2,35	0,85
EB047	33,89	2,07	2,34	0,89
EB049	34,07	2,01	2,35	0,85
EB050	34,21	2,59	2,36	1,10
EB051	34,26	2,55	2,36	1,08
EB052	34,26	2,31	2,36	0,98
EB053	34,41	2,39	2,37	1,01
EB054	34,33	2,19	2,37	0,92
EB055	34,54	2,76	2,38	1,16

192

193 TABELA 1 - Concentrações de atividade de ^{234}Th total, ^{238}U dissolvido, distribuição das razões
 194 de atividade $^{234}\text{Th}/^{238}\text{U}$ e valores de salinidade em amostras de água do mar superficial em
 195 Outubro/2011.

Estação	Salinidade	^{234}Th total (dpm L ⁻¹)	^{238}U (dpm L ⁻¹)	$^{234}\text{Th}/^{238}\text{U}$
EB001	34,10	2,31	2,35	0,98
EB001α	34,05	2,36	2,35	1,00
EB002	30,53	1,91	2,11	0,91
EB005	33,82	2,19	2,33	0,94
EB006	33,77	2,87	2,33	1,23
EB009	33,74	2,15	2,33	0,93
EB010	33,59	2,24	2,32	0,96
EB018	33,55	2,08	2,31	0,90
EB019	33,59	2,32	2,32	1,00
EB022	33,78	2,45	2,33	1,05
EB027	33,81	1,84	2,33	0,79
EB028	34,01	1,79	2,35	0,76
EB029	33,62	1,38	2,32	0,60
EB031	33,58	2,47	2,32	1,06
EB032	34,16	2,40	2,36	1,02
EB038	33,46	2,42	2,31	1,05
EB051	33,49	2,28	2,31	0,98

196