

Pesquisas em Geociências

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

Deteccão de Mudanças Ambientais na Antártica através de Dados de Sensoriamento Remoto e Mapas Históricos

Jorge Arigony Neto, Jeferson Cardia Simões, Ulisses Franz Bremer, Francisco Eliseu Aquino
Pesquisas em Geociências, 28 (2): 337-342, maio/ago., 2002.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/20307>

Publicado por

Instituto de Geociências



Portal de Periódicos

UFRGS

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: pesquisas@ufrgs.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - maio/ago., 2002.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

Detecção de Mudanças Ambientais na Antártica através de Dados de Sensoriamento Remoto e Mapas Históricos

JORGE ARIGONY NETO, JEFFERSON CARDIA SIMÕES,
ULISSES FRANZ BREMER & FRANCISCO ELISEU AQUINO

Laboratório de Pesquisas Antárticas e Glaciológicas – Departamento de Geografia,
Instituto de Geociências – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Av. Bento Gonçalves, 9500 – 91501-970 – Porto Alegre, RS – e-mail: arigony@vortex.ufrgs.br

(Recebido em 10/01. Aceito para publicação em 05/02)

Abstract - Ice masses in the South Shetland Islands, Antarctica, are relatively thin and near or at the melting pressure point. They are, therefore, very sensitive to climatic variations. This work discusses glaciers retreat observed since 1950s in the Antarctic Specially Managed Area (ASMA) of Admiralty Bay in King George Island. From 1956 to 1979 this area lost 4.3 km² (2%) of its ice cover. Further 4.9 km² were lost in the period 1979-1988; 6.2 km² from 1988 to 1995 and finally 7.1 km² from 1995 to 2000. Totally 22.5 km² disappeared (10% of the original ice cover, i.e. in 1956). The ice retreat magnitude in this period cannot be attributed to in-built variations of the glacier system. Further, it is associated to similar glaciers retractions and ice shelves collapses in the northern most part of the Antarctic Peninsula. Probably this general ice retreat results from or is enhanced by the atmospheric warming recorded for the region since 1940s.

Keywords - glacier retreat, King George Island, Antarctica.

INTRODUÇÃO

Baseado em registros de temperatura reunidos da rede mundial de estações meteorológicas, foi constatado aumento na temperatura média global de 0,6°C nos últimos 100 anos (IPCC, 1996), mais da metade do aquecimento ocorreu a partir da década de 1970. No entanto, esse aumento não foi homogêneo no planeta. Na Península Antártica a temperatura média anual entre as latitudes 65° e 70° S aumentou aproximadamente 2 °C durante os últimos 50 anos (King & Harangozo, 1998). Braun *et al.* (2001b) destacaram vários indicadores de mudanças climáticas nessa região (Fig.1).

As massas de gelo das Ilhas Shetland do Sul são particularmente sensíveis às mudanças climáticas, em função da própria posição geográfica (Fig. 1), da pequena espessura do gelo e por estarem muito próximas ao ponto de fusão sob pressão, ou mesmo coincidentes com ele (Simões *et al.*, 1999). A partir de um modelo aplicado à calota de gelo da Ilha Rei George (IRG), Knap *et al.* (1996) supõe uma perda de 26% da área coberta por gelo (36% do volume de gelo estimado) para um aumento de temperatura de 1 °C.

Braun (2001) verificou que o padrão de ablação na calota de gelo da IRG também é altamente sensível a futuros aumentos da temperatura do ar. Essa infor-

mação, combinada com o balanço de massa negativo e a retração glacial na área (Park *et al.*, 1998; Simões *et al.*, 1999; Braun *et al.*, 2001a), permite que as geleiras da IRG sejam consideradas bons indicadores de mudanças climáticas na Península Antártica (Knap *et al.*, 1996; Braun, 2001).

Possuindo 362 km² de área, dos quais 216,5 km² (60 %) estavam cobertos por gelo em 1956, a bacia de drenagem glacial da Baía do Almirantado (incluindo a Área de Interesse Científico Especial N° 8¹, na margem oeste da baía) foi designada como Área Antártica Especialmente Gerenciada (AAEG) de acordo com o Protocolo ao Tratado Antártico sobre Proteção ao Meio Ambiente (Protocolo de Madri). A implantação de uma AAEG tem como objetivos auxiliar no planejamento e coordenação das atividades científicas e logísticas, evitar possíveis conflitos, melhorar a cooperação entre os países que atuam na mesma área geográfica e minimizar os impactos ambientais (ATCPs, 1993). O presente trabalho mostra a retração glacial detectada, a partir da década de 1950, nas geleiras da AAEG Baía do Almirantado, Ilha Rei George (Fig. 2).

¹ A Área de Interesse Científico Especial N° 8 foi designada de acordo com o Protocolo ao Tratado Antártico sobre Proteção ao Meio Ambiente, com o objetivo de proteger colônias de aves e focas do impacto causado por atividades humanas, além de proteger a pesquisa ecológica de longo tempo desenvolvida na área.

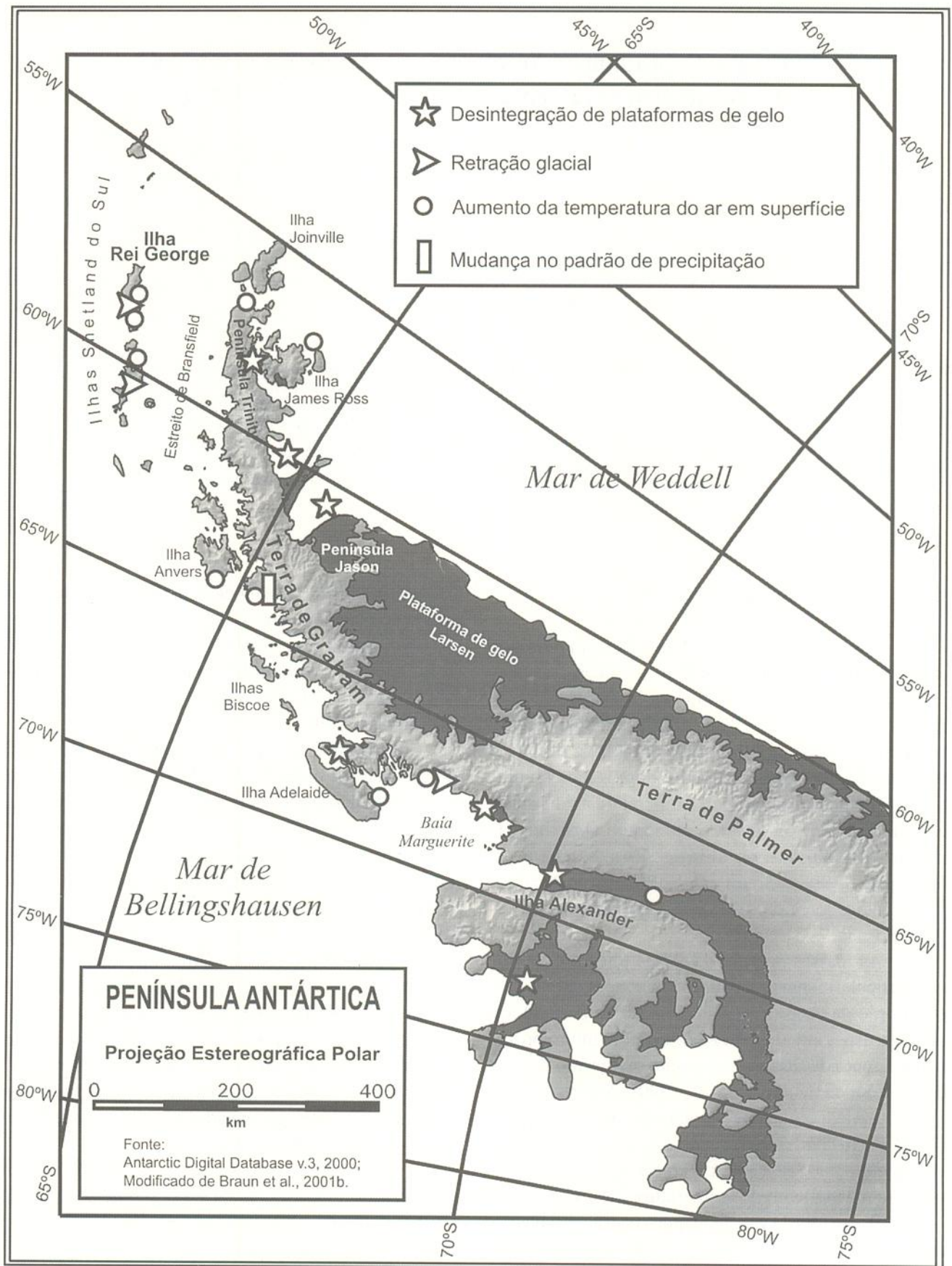


Figura 1 - Indicadores de mudanças climáticas na Península Antártica. Observe a localização da Ilha Rei George no canto superior esquerdo. Modificado de Braun et al. (2001b).

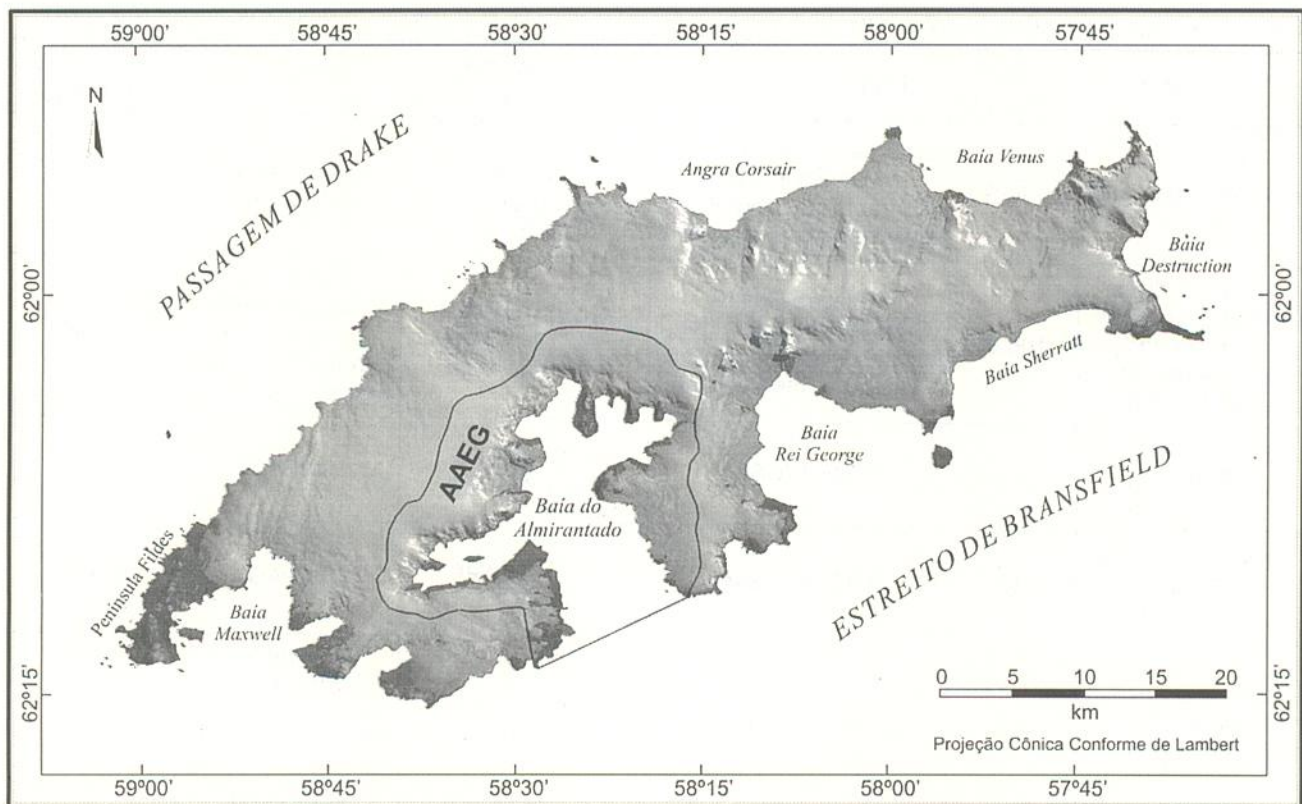


Figura 2 - Localização da Área Antártica Especialmente Gerenciada Baía do Almirantado na Ilha Rei George.

MATERIAIS E MÉTODOS

No desenvolvimento do trabalho foram utilizadas a Carta Topográfica da Ilha Rei George, elaborada pelo *Antarctic Place Names Committee* do *Foreign and Commonwealth Office* (APC, 1986), compilada de cartas do *British Antarctic Survey* elaboradas com fotografias aéreas de 1956; Carta Polonesa da Baía do Almirantado (Polskiej Akademii Nauk, 1990), elaborada com fotografias aéreas e levantamento de campo de 1978/1979; e três imagens do satélite SPOT: SPOT-1 XS 725-478 de fevereiro de 1988; SPOT-3 XS 725-477 de março de 1995; e SPOT-4 XS 725-477 de fevereiro de 2000 (Braun *et al.*, 2001c), a tabela 1 apresenta as principais características desses dados.

A posição das frentes de geleiras em 1956 foi obtida através da digitalização da Carta Topográfica da Ilha Rei George (APC, 1986). Com utilização de *scanner*, essa carta foi digitalizada com 300 pontos-por-polegada (formato TIFF) e geo-referenciada no sistema de informações geográficas (SIG) ARC/INFO, com erro médio quadrático (RMS) de 114 m. Foram convertidos os parâmetros originais da projeção (Projeção Cônica Ortomórfica de Lambert, elipsóide Internacional) para Projeção UTM, elipsóide WGS84, e posteriormente a posição das frentes das geleiras digitalizada.

A mesma metodologia foi utilizada para a obtenção das frentes de geleiras em 1979. A Carta Polonesa da Baía do Almirantado (1:65.000) foi geo-referenciada para a Projeção Gauss-Krüger, elipsóide Krassowski 1942 (RMS de 14 m) e convertida para a projeção utilizada neste trabalho (UTM, WGS84).

Para a delimitação das posições de frentes de geleiras em 1988 e 1995, as imagens de satélite obtidas nestes anos foram geo-referenciadas com relação a imagem de 2000, que já estava na Projeção UTM (Braun *et al.*, 2001c). O processo, realizado com o *software* ENVI, baseou-se na obtenção de pontos de controle na imagem a ser geo-referenciada, que correspondem a pontos na imagem inicial. Para encontrar os valores de coordenadas correspondentes a todos os *pixels* (*picture elements*) foi necessário estabelecer a relação entre os dois sistemas de coordenadas cartesianas. Um descrevendo a localização dos *pixels* na imagem geo-referenciada e outro definindo a localização dos mesmos na imagem sem projeção. O método que relacionou estes dois sistemas de coordenadas baseou-se na utilização de transformação polinomial de primeiro grau.

Os centros dos *pixels* da imagem original não correspondem aos centros daqueles *pixels* na nova imagem. Desta maneira, foi necessário realizar reamostragem dos *pixels* por interpolação. Esse processo pode ser reali-

Tabela 1 - Principais características dos dados cartográficos e imagens de satélite utilizados neste trabalho. Modificado de Arigony Neto (2001).

Título e data	Escala/resolução	Projeção e Datum	Origem dos dados	Fonte	Erro horizontal estimado
Admiralty Bay, 1990	1:65.000	Sistema de Coordenadas de Gauss-Krüger e coordenadas geográficas, elipsóide Krassowski, 1942	Levantamento de campo com teodolito e fotografias aéreas de 1978 e 1979	<i>Polskiej Akademii Nauk</i> , Polônia	84,5 m
<i>Antarctic Place Names Committee, Foreign and Commonwealth Office</i> , 1986	1:100.000	Projeção Cônica Ortomórfica de Lambert, latitude de referência 70°S, elipsóide International	Mapas do <i>British Antarctic Survey (BAS)</i> de 1968	<i>Antarctic Place Names Committee, Foreign and Commonwealth Office</i> , Reino Unido	144 m
Imagem do satélite SPOT-1 XS, 19/fev/1988	20	UTM, WGS84	SPOT IMAGE Cena 725-478	LAPAG	22,8 m
Imagem do satélite SPOT-3 XS, 29/mar/1995	20	UTM, WGS84	SPOT IMAGE Cena 725-477	LAPAG	21,6 m
Imagem do satélite SPOT-4 XS, 23/fev/2000	20	UTM, WGS84	SPOT IMAGE Cena 725-477	<i>Institut für Physische Geographie (IPG), Universität Freiburg, Alemanha (Braun et al., 2001c)</i>	40 m

zado de três maneiras: interpolação pelo vizinho mais próximo, interpolação bilinear ou convolução cúbica (Richards, 1993). Nesse trabalho usou-se a interpolação pelo vizinho mais próximo, o qual apenas transfere o valor do contador digital para o novo *pixel*. Esse valor é obtido no *pixel* da imagem antiga e ao qual corresponde a maior área no *pixel* da nova imagem. Essa é a técnica preferida quando se pretende realizar uma classificação na nova imagem, pois preserva o brilho original do *pixel*.

No geo-referenciamento da imagem de 1988 foi obtido um RMS de 22,8 m (1,14 *pixel*) com a utilização de 13 pontos de controle, enquanto para a imagem de 1995 esse erro é de 21,6 m (1,08 *pixel*) com 20 pontos de controle. A partir da análise visual das imagens, foram digitalizadas as frentes das geleiras no SIG ARC/INFO.

Para comparar as posições das frentes de geleiras, foi realizada a sobreposição dos seus limites, com a utilização do ARC/INFO. As retrações inferiores aos valores dos erros apresentados por cada conjunto de dados (Tab.1), foram desconsideradas no cálculo das variações das geleiras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A utilização do SIG possibilitou a integração e cruzamento de dados de diversas fontes, correspon-

des a posição das frentes das geleiras da AAEG nos anos de 1956, 1979, 1988, 1995 e 2000. A partir da quantificação das diferenças entre as posições das frentes das geleiras, foi detectada retração glacial na área a partir da década de 1950 (Fig. 3).

No período 1956-1979, a AAEG perdeu 4,3 km² (2%) de gelo em suas frentes de geleiras. Durante 1979-1988 houve perda adicional de 4,9km² (2,3% em relação à área em 1979) da frente das geleiras, e entre 1988-1995 e 1995-2000 a retração foi de 6,2 km² (3% em relação à área em 1988) e 7,1 km² (3,5% em relação à área em 1995), respectivamente, totalizando 22,5 km² (10%) entre 1956 e 2000 (Fig.3).

A magnitude da retração glacial na AAEG indica que o processo não faz parte apenas da dinâmica de avanços e retrações de geleiras. Observa-se a necessidade de estabelecer a causa dessa retração.

As geleiras que possuem a frente no mar (geleiras de maré) têm a dinâmica associada à ação marinha. Neste trabalho não dispõe-se de dados que indiquem a modificação da ação do mar sobre as frentes das geleiras durante o período de estudo. Pode-se, no entanto, afirmar que a retração glacial não está associada somente a esse mecanismo, pois através de observações visuais de campo foi constatada também a diminuição na espessura de algumas geleiras (*e.g.*, Geleira Wanda).

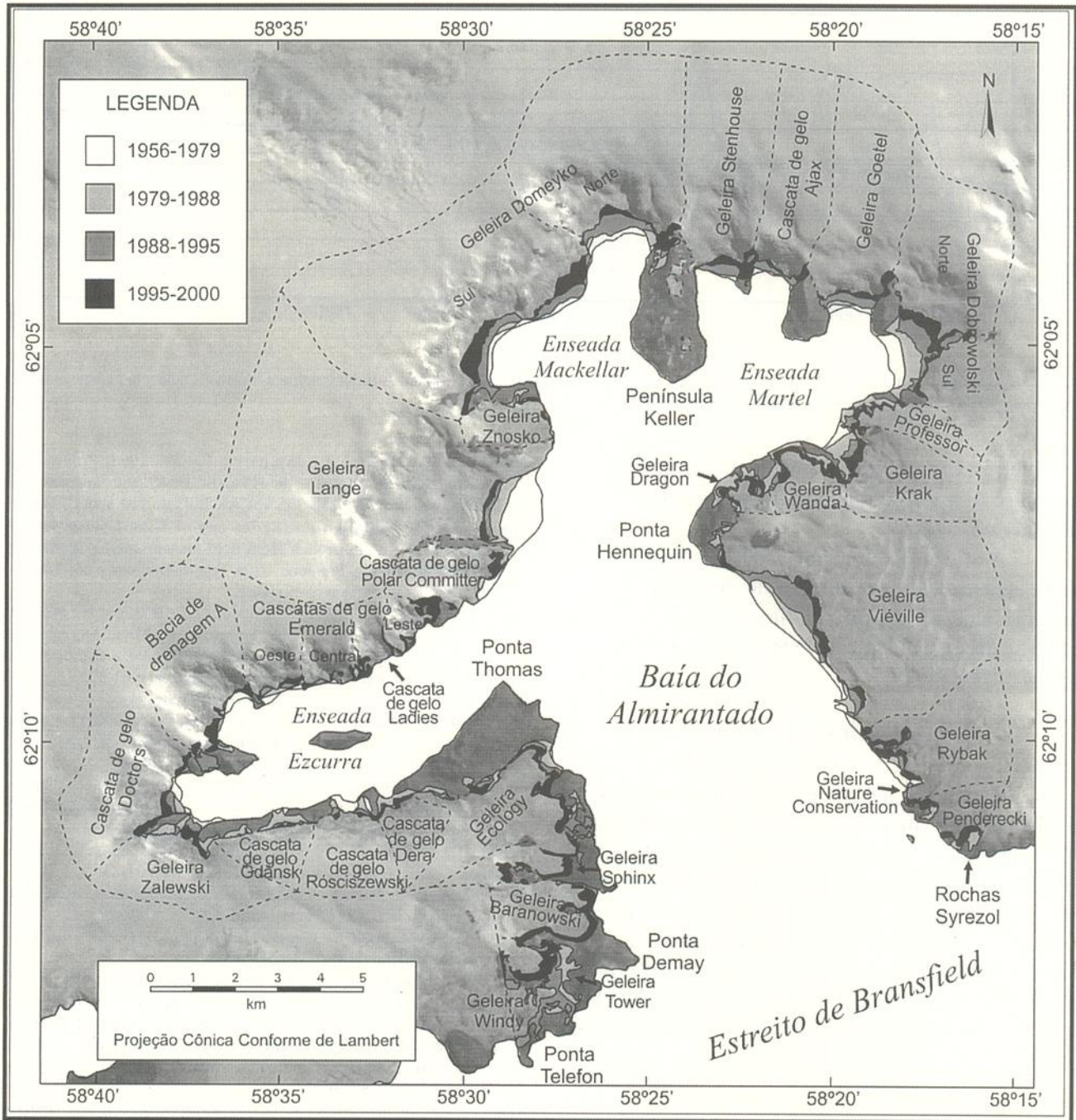


Figura 3 - Variações relativas nas frentes das geleiras da Baía do Almirantado entre 1956 e 2000. A linha tracejada representa o divisor de drenagem glacial.

Com relação a variações de temperatura, Aquino (1999) e Ferron (1999) detectaram aquecimento de 1,1 °C na Ilha Rei George, no período 1947-1995 (Fig. 4). Além dessa constatação, devido ao tempo de resposta da dinâmica glacial às variações climáticas (Paterson, 1994), é necessário agregar outros parâmetros para afirmar se a retração glacial observada ocorreu em função do aumento de temperatura nos últimos anos, ou se está respondendo a mudanças climáticas anteriores.

CONCLUSÕES

Os resultados aqui obtidos, associados a variações similares constatadas na própria IRG e em outras ilhas das Shetlands do Sul (Calvet & Corbera, 1993; Park *et al.*, 1998; Simões *et al.*, 1999; Braun *et al.*, 2001a), levam a concluir que as massas de gelo estão provavelmente respondendo a um aquecimento regional. Futuros estudos, tomando em consideração outros

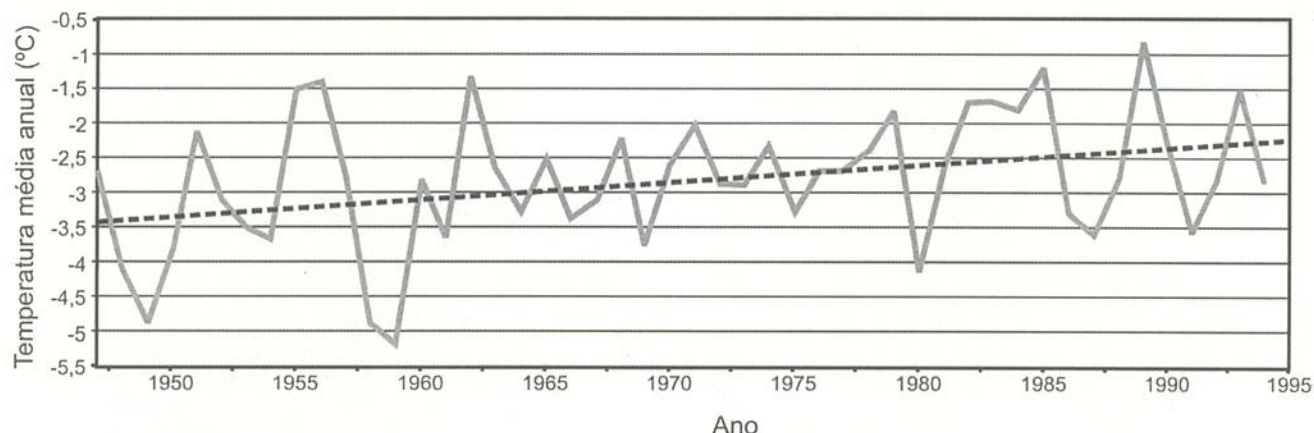


Figura 4 - Série temporal da temperatura atmosférica na Ilha Rei George entre 1947 e 1995. A linha tracejada indica a tendência de aquecimento (0,2 °C/ano). Modificado de Aquino (1999) e Ferron (1999).

parâmetros, como o congelamento do mar e variações no índice de oscilação sul contribuirão para confirmar ou não esta hipótese.

A utilização de técnicas de sensoriamento remoto apresenta bons resultados no monitoramento de geleiras onde, em função das limitações do ambiente, torna-se difícil a utilização de levantamentos topográficos convencionais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), através do Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR), pelo financiamento do projeto (Contrato 49.0047/99), ao *Environmental Systems Research Institute (ESRI)* pelas licenças dos softwares e ao *Institut für Physische Geographie, Universität Freiburg* (Dr. Mathias Braun) pela imagem SPOT-4 XS 725-477. Este trabalho não teria sido realizado sem o apoio logístico da Marinha do Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APC - Antarctic Place Names Committee Foreign and Commonwealth Office. 1986. *APC Misc 64, South Shetlands Islands*, Sheet 1 King George Island, 1: 100.000, 10ª edição.
- Aquino, F. E. 1999. *Sedimentação moderna associada à geleira de maré Lange*. Porto Alegre. 106p. Dissertação de Mestrado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Arigony Neto, J. 2001. *Determinação e interpretação de características glaciológicas e geográficas com sistema de informações geográficas na Área Antártica Especialmente Gerenciada Baía do Almirantado, Ilha Rei George, Antártica*. Porto Alegre. 84p. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto, Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- ATCPs - Antarctic Treaty Consultative Parties. 1993. Protocol on Environmental Protection to the Antarctic Treaty, with Annexes. *Polar Record* 29 (170): 256-275. (SCAR Bulletin 110, julho 1993)
- Braun, M. 2001. *Ablation on the ice cap of King George Island (Antarctica) – an approach from field measurements, modelling and remote sensing*. Freiburg. 165p. Tese de Doutorado em Geografia Física, Universidade de Freiburg.
- Braun, M.; Simões, J. C.; Vogt, S.; Bremer, U. F.; Blindow, N.; Pfender, M.; Saurer, H.; Aquino, F. E. & Ferron, F. A. 2001a. An improved topographic database for King George Island - compilation, application and outlook. *Antarctic Science*, 13(1): 41-52.
- Braun, M.; Rau, F. & Simões, J. C. 2001b. A GIS-based glacier inventory for the Antarctic Peninsula and the South Shetland Islands – a first case study on King George Island. *Geo-Spatial Information Science*, 4(2): 15-24.
- Braun, M.; Simões, J. C.; Vogt, S.; Bremer, U. F.; Blindow, N.; Pfender, M.; Saurer, H.; Aquino, F. E. & Ferron, F. A. 2001c. The compilation of a DTM and a new satellite image map for King George Island (Antarctica). *Geo-Spatial Information Science*, 4(2): 47-51.
- Calvet, J. & Corbera, J. 1993. Fluctuations of the ice cap on Livingston Island - South Shetland. *Revista Selper*, 9(1/2): 31-35.
- Ferron, F. A. 1999. *Variações nas razões de isótopos estáveis na neve e no gelo da Ilha Rei George, Antártica*. Porto Alegre. 125p. Dissertação de Mestrado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- IPCC. 1996. *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. In: Houghton, J.J., L.G. Meiro Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg & K.Maskell (eds.). *Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge and New York, Cambridge University Press. 572 p.
- King, J. C. & Harangozo, S. A. 1998. Climate change in the western Antarctic Peninsula since 1945: observations and possible causes. *Annals of Glaciology*, 27: 571-575.
- Knap, W. H.; Oerlemans, J. & Cadée, M. 1996. Climate sensitivity of the ice cap of King George Island, South Shetland Islands, Antarctica. *Annals of Glaciology*, 23: 154-159.
- Park, B.-K.; Chang, S.-K.; Yoon, H. I. & Chung, H. 1998. Recent retreat of ice cliffs, King George Island, South Shetland Islands, Antarctic Peninsula. *Annals of Glaciology*, 27: 633-635.
- Paterson, W. S. B. 1994. *The Physics of Glaciers*. Oxford, Elsevier Science, 480p.
- Polskiej Akademii Nauk. 1990. *Admiralty Bay, King George Island*. Warsaw.
- Richards, J. 1993. *Remote Sensing Digital Image Analysis*. Berlin, Springer-Verlag. 340p.
- Simões, J. C.; Bremer, U. F.; Aquino, F. A. & Ferron, F. A. 1999. Morphology and variations of glacial drainage basins in the King George Island ice field, Antarctica. *Annals of Glaciology*, 29: 220-224.