



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

VARIAÇÃO DE ÁREA DAS GELEIRAS DO CAMPO DE GELO KRAKÓW, ILHA REI GEORGE, ANTÁRTICA, NO PERÍODO ENTRE 1956-2017

Manoela Araujo Gonçalves de Oliveira ^(a), Kátia Kellem da Rosa ^(b), Carina
Petsch ^(c), Jefferson Cardia Simões ^(d)

^(a) Programa de pós Graduação em Geografia, UFRGS manuella.araujo@hotmail.com

^(b) Programa de pós Graduação em Geografia, UFRGS katiakellem@gmail.com

^(c) Departamento de Geografia, INIOESTE carinapetsch@gmail.com

^(d) Programa de pós Graduação em Geografia, UFRGS jefferson.simoes@ufrgs.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Este trabalho tem como objetivo investigar e comparar as variações de área das geleiras do campo de gelo Kraków, Ilha Rei George, no período de 1956/88 a 2017. Foram usadas imagens SPOT, LANDSAT 8 OLI, e SENTINEL-2 para determinar a variação de área dessas geleiras. A morfometria das geleiras foi determinada com dados do MDE através da análise em SIG. Os resultados indicaram a tendência contínua de retração das geleiras no período e indicam que a causa das diferenças de retração das frentes das geleiras do campo de gelo Kraków não está associada a um único fator e sim da combinação de vários fatores, como declividade, elevação, área, orientação e a configuração de término. A integração dos dados em SIG possibilitou gerar um banco de dados que apoiará o monitoramento, além do estudo comparativo com outras massas de gelo para melhor entender as diferenças de sensibilidade às mudanças ambientais regionais.

Palavras chave: Campo de gelo Kraków. Sistemas de Informação Geográficas. Ilha Rei George.

1. Introdução

Os ambientes glaciais são sensíveis às mudanças climáticas regionais. Por ser considerado um laboratório natural único, as regiões polares têm recebido atenção da comunidade científica, visto que o conhecimento sobre as características e os fenômenos que ocorrem neste ambiente permite o esclarecimento de questões científicas importantes (SIMÕES, 2011; ANDRADE, 2013). Uma das preocupações tem sido o processo contínuo



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

de retração das frentes de geleiras que vem ocorrendo na Ilha Rei George. Nessa perspectiva, vários autores têm evidenciado o processo de retração das frentes de geleiras na Ilha Rei George (IRG) no período de 1950 a 2000, (ARIGONY-NETO, 2001; BIRKENMAJER, 2002; PARK *et al.*, 1998; SIMÕES *et al.*, 1999; BRAUN E GOSSMANN, 2002).

Na área das Shetlands do Sul, Knap *et al.* (1996) aponta que as massas de gelo são particularmente sensíveis às variações climáticas em função de sua posição geográfica e da pequena espessura de gelo e por estarem muito próximas do ponto de fusão sob pressão (regime termal basal úmido). O processo de retração é consequência do aquecimento atmosférico evidenciado nas últimas décadas (1950-2003) (VAUGHAN *et al.*, 2003). Essas mudanças climáticas foram acompanhadas também de desprendimentos frequentes de icebergs, mudanças no padrão de precipitação e redução do gelo marinho sazonal em diversos setores da Península Antártica (ARIGONY-NETO *et al.*, 2006).

O presente trabalho objetiva realizar a quantificação, comparação e análise da variação de área de geleiras pertencentes ao campo de gelo Kraków nas últimas décadas, no período de 1956/88 a 2017. Pretende-se, com este trabalho, realizar o monitoramento do comportamento destas massas de gelo, estendendo o registro ambiental para 2017, atualizar os dados de variação de área existentes para as geleiras que fluem para a baía do Almirantado até 2000 e ainda realizar o primeiro estudo sobre a dinâmica das geleiras que fluem para a baía Rei George e o Estreito de Bellinghausen.

1.1. Área de estudo

O campo de gelo Kraków se localiza na Ilha Rei George (Figura 1). Essa ilha faz parte do Arquipélago das Shetlands do Sul, situado 130 km a noroeste da Península Antártica (PA) (ARIGONY-NETO, 2001).



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

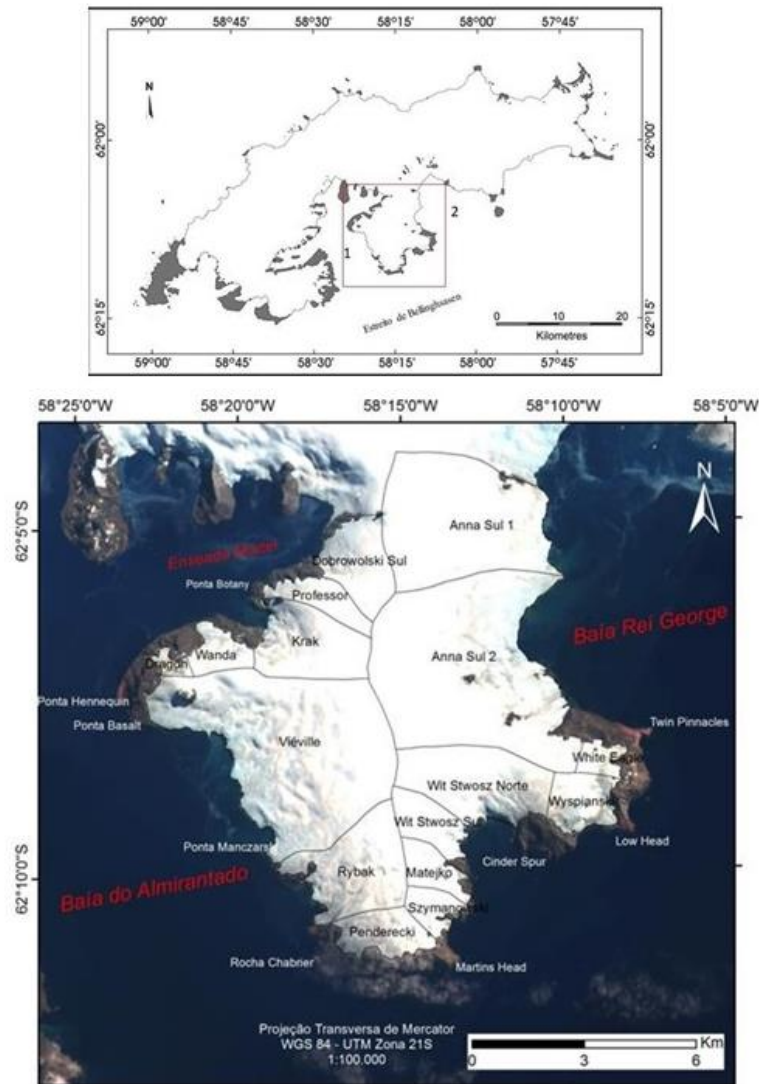


Figura 1. Localização do Campo de gelo Kraków na Ilha Rei George, Baía do Almirantado (1) e Baía Rei George (2), Antártica. Imagem de satélite SPOT, 2000, RGB 432.

A Ilha Rei George é a maior das Shetlands do Sul em área, com 1250 km² (BREMER, 1998) e situam-se entre as coordenadas 61°50' e 62°15'S e 57°30' e 59°00'W. Possui comprimento de 80 km em seu eixo maior de orientação sudoeste-nordeste e 15 km de largura média. Segundo Braun *et al.* (2004) há uma forte variabilidade interanual nas



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

condições atmosféricas. Pequenas variações na temperatura ao longo do ano, alta umidade relativa do ar (em torno de 82%) e a constante cobertura de nuvens caracterizam o clima da região (RAKUSA-SUSZCZEWSKI *et al.*, 1993; BINJANTA, 1995). O campo de gelo Kraków possui diversas geleiras de maré e de término em terra que fluem para a Baía do Almirantado, para a Baía Rei George e para o mar aberto (figura 1).

2. Materiais e Métodos

2.1 Dados

Os dados utilizados no trabalho foram: Modelo Digital de Elevação (MDE) da Ilha Rei George (IRG), disponibilizados no formato digital *shapefile*, as linhas de costa e linhas de frente das geleiras dos anos de 1956, 1988 e 2000 de Arigony-Neto (2001) e imagens de satélite. Foram utilizadas imagens SPOT sensor HRV na composição 432 para os anos de 1988 e 2000. Também foram utilizados, imagens LANDSAT-8 sensor OLI RGB 432 de 2014 e SENTINEL-2 nível 1C RGB 843 de 2017, similar a LANDSAT falsa cor. Os dados foram co-registrados e integrados em um Sistema de Informações Geográficas. As imagens de satélite LANDSAT 8 de 2014 e SENTINEL-2 de 2017 foram adquiridas através do *United States Geological Survey* (USGS) e disponibilizadas online no site <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Os dados encontram no padrão de Nível 1 (ortorretificadas) com sistema de referência WGS 1984, coordenadas GCS WGS 1984 (Sistema geodésico Mundial 1984) e resolução radiométrica de 16 Bits. Também foi utilizado o *layer* dos Divisores de Drenagem Glacial da Ilha Rei George de Bremer (1998).

2.2 Caracterização morfométrica do campo de gelo e das geleiras

Para a análise morfométrica, foram gerados mapas hipsométrico, de declividade, orientação e modelo de sombreamento das geleiras do campo de gelo Kraków, com escala de 1:100.000, utilizando o 3D *Analyst* do ArcGIS com base no MDE de Braun *et al.* (2001). O mapa hipsométrico foi elaborado a partir do fatiamento do MDE em 5 classes, buscando fornecer a visualização do terreno por meio de cores representando as cotas altimétricas de



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

intervalos definidos de 100 m, entre 0 m e 500 m. Para o mapa de declividade foi aplicada a ferramenta *Slope* no recorte do MDE, obtendo-se a representação em porcentagem nas classes de 0 a 3%, 3 a 8%, 8 a 20%, 20 a 45%, 45 a 70% e maior que 70% de acordo com as classes propostas pela EMBRAPA. Para o mapa de orientação de vertentes foi aplicada a ferramenta *Aspect* ao recorte do MDE, gerando-se um arquivo raster com as orientações da área de estudo que tem como finalidade demonstrar a orientação das vertentes.

2.3 Determinação da variação de área das geleiras

A caracterização da dinâmica de retração das geleiras foi realizada pela integração dos dados vetoriais e raster obtidos pela análise temporal das imagens de satélite em SIG. Com as cenas do SENTINEL-2 foram determinadas as áreas totais atuais e condições de término atuais de cada geleira, além da linha de costa atual. Para obter dados de 2017 foi usada a cena do SENTINEL-2, sobreposta a esta foi usada cena do LANDSAT 8, sensor OLI (*Operational Land Imager*) TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) de 2014 para comparativo nos setores com nuvens. Utilizou-se o *shapefile* de divisores de drenagem, fornecido por Bremer (2001), para a análise temporal. Foi realizado o mapeamento de áreas totais e da variação frontal por período, utilizando o método de delineamento manual, com interpretação visual de imagens. Foi quantificada a perda de área e as taxas de retração de cada uma das geleiras para o período de 1956/1988 a 2017 e 1988 a 2017. Também foi criada a linha atualizada de frentes de geleira e costa de todo campo de gelo Kraków. Com o mapeamento das frentes em 2017 e análise da imagem SPOT de 2000, além de dados vetoriais das frentes de 1956 e 1988 foi possível criar polígonos de retração para cada período. O mapeamento da diferença das linhas de frente com a imagem Sentinel-2 representou a retração das geleiras entre 2000 e 2017. Em seguida foi dado início a edição do polígono com a ferramenta *Creat Features*, utilizando o *Auto Complete Polygon*, permitindo mapear a diferença de área entre 1988 a 2000 ou 1956 e 1988 a 2000 conforme a geleira, com os vértices do polígono anterior.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

3. Resultados e discussões

A análise do mapa hipsométrico (figura 2A) mostra que o campo de gelo apresenta elevação mínima de 0 m (nível do mar) e elevação máxima de 403 m, a elevação média da área de estudo é 223 m. Foi possível observar que as geleiras que possuem suas frentes com menor elevação de 0-100 m são: Krak, Szymanowski, Wit Stwosz Norte, Wyspianski, Anna Sul 2, Anna Sul 1 e as que possuem maior elevação nas frentes são Dobrowolski Sul, Professor, Wanda, Dragon, Viéville, Rybak, Penderecki, Matejko, Wit Stwosz Sul, White Eagle. Destas, as que são alimentadas pelas áreas mais altas do campo de gelo são Dobrowolski Sul, Krak, Viéville, Anna Sul 2, Anna Sul 1. A geleira Anna Sul 1 também recebe alimentação de seu fluxo de gelo do campo de gelo Rei George. As declividades (figura 2B) superiores a 45% nos setores frontais encontram-se relacionadas às geleiras Dobrowolski Sul, Krak, Wit Stwosz Sul e Wyspianski. As geleiras que apresentaram até 20% de declividade em suas frentes são Viéville, Anna Sul 1 e Anna Sul 2. Já as declividades entre 20-45% estão relacionadas às geleiras Professor, Wanda, Dragon, Rybak, Penderecki, Szymanowski, Matejko, Wit Stwosz Norte e White Eagle. Quanto à orientação (figura 2C), as geleiras do Campo de gelo Kraków se apresentam com diferentes orientações, que podem indicar direção predominante de fluxo do gelo.

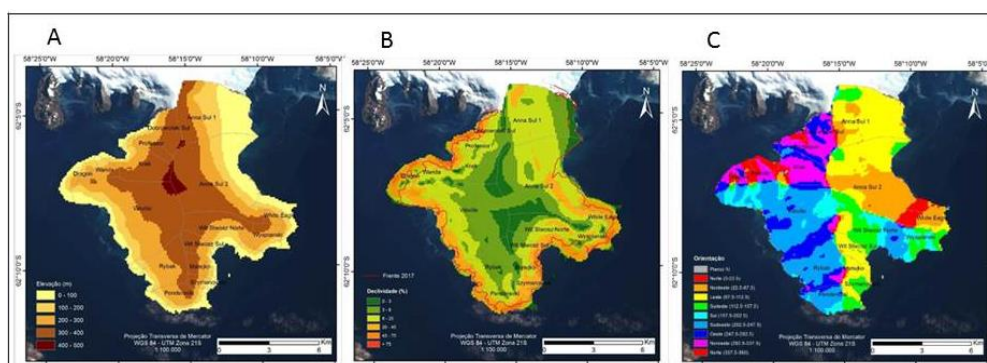


Figura 2. Mapas (A) hipsométrico, (B) declividade, (C) orientação do campo de gelo Kraków.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

3.1 Comparação entre as geleiras do campo de gelo Kraków

As geleiras com maior percentual de área perdida (Dobrowolski Sul 39,74%, Wanda 33,33%, Dragon 62,37%, Penderecki 42,94%, Wyspianski 38,96%, White Eagle 29,1%), demonstraram-se, na área de estudo, serem as mais sensíveis à variabilidade climática regional. As geleiras de término em terra Wanda, Dragon e White Eagle, que são geleiras pequenas e com término em terra, apresentaram a sua maior perda percentual até 2000, quando passaram a diminuir a perda percentual. Este comportamento pode estar relacionado à tendência de resfriamento de temperatura média superficial do ar regional no período, evidenciado por Turner *et al.* (2016). Assim como, estas poderiam ter passado de configuração de término de maré para término em terra, como é o caso da geleira Wanda e Ecology, evidenciado por Rosa *et al.* (2008). A Geleira Penderecki, que apresentou percentual de 42,94% de retração, está ancorada no substrato rochoso em um setor com declividade superior a 45%, certamente esta perdeu parte de sua área para o mar em forma de *icebergs*. As geleiras que tiveram perda percentual intermediária de área são: Professor (17,94%), Krak (15,25%), Viéville (17,24%), Rybak (12,67%), Szymanowski (22,36%), Matejko (11,29%), e Wit Stwosz Norte (11,24%) (Figuras 12). Destas as que são de maré são a Krak e a Viéville e considera-se que a Rybak e a Szymanowski eram de maré até o ano de 2000 e desta forma, foram influenciadas pelo mar na dinâmica de *icebergs*. Estas geleiras não apresentaram padrão quanto as áreas semelhantes. A geleira Viéville possui área de 19,19 km², sendo a maior das geleiras voltadas para a Baía do Almirantado, esta têm sido acompanhada desde 1956 quando apresentava área de 23,49 km² passando para 19,01 km² em 2011 (SARTORI, 2013).

Já as geleiras Szymanowski e Matejko, ambas voltadas para Baía Rei George, apresentam áreas bem menores, com 1,25 km² e 1,65 km², respectivamente. As geleiras que apresentaram perda percentual intermediária apresentaram padrão quanto à elevação máxima, todas elas possuem seu ponto mais alto entre 300-400 m, com exceção de Krak e Viéville, que são alimentadas pelo ponto mais alto do campo de gelo Kraków (403 m). As geleiras de



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

maré, que apresentam declividade no setor frontal acima de 45%, correspondem a Dobrowolski Sul e Wyspianski, estas possuem perda de valor de área percentual de 39,74% e 38,86%, respectivamente. Estas perdas semelhantes evidenciam que as maiores declividades no setor frontal podem influenciar no grau de desprendimento de *icebergs* e posteriormente levá-las a estabilizarem suas frentes no embasamento rochoso quando diminuem de espessura. As geleiras de menor perda percentual de área no período foram Wit Stwosz Sul, Anna Sul 1 e Anna Sul 2. Estas estão dentre as que possuem maior área do campo de gelo com exceção de Wit Stwosz Sul, a qual apresenta área de 2,24 km² e máximas elevações de 400-500 m, para as duas maiores, e de 300-400 m, para a menor delas. Também apresentam elevações mínimas no setor frontal, com exceção de Wit Stwosz Sul que, por ter término em terra, apresenta elevação na frente de 100-200 m. As geleiras de maior perda de área total no período 1988-2017 foram: Dobrowolski Sul (1,9 km²), Viéville (4 km²), Penderecki (1,4 km²), Wyspianski (1,13 km²), Anna Sul 2 (2,12 km²), destas, a única que apresenta frente terrestre é a Penderecki, as demais todas são geleiras de maré e provavelmente apresentam batimetria menos rasa da área de estudo, e assim, a perda frontal ocorre também por influência do mar e há ausência de ancoragem no setor frontal (pode haver maior velocidade de fluxo e perda de massa), com exceção de Penderecki. Analisando-se todo o período, os resultados encontrados de contínua retração, na área de estudo, vão ao encontro de diversos estudos que têm evidenciado perda de áreas de geleiras e retração de frentes na ilha Rei George (SARTORI 2013; SIMÕES *et al.*, 2015). Este processo de perda de área das geleiras do campo de gelo Kraków está diretamente relacionado com a tendência de aumento das temperaturas médias do ar (da década de 50 ao início da década de 2000) (MORRIS e VAUGHAN, 2003; CARRASCO, 2013; IPCC, 2013), aumento de dias com precipitação líquida no verão e o aumento de número de dias em que a temperatura média ultrapassou os 0°C nas últimas décadas (SIMÕES, 2015).



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

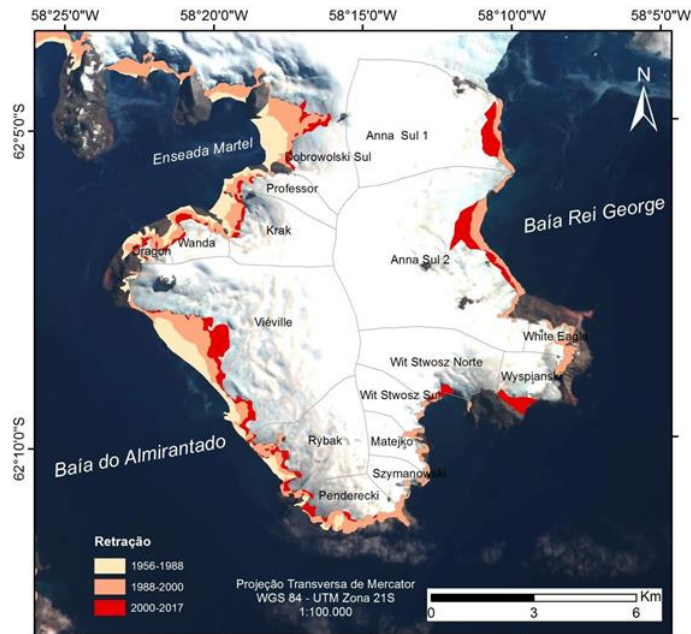


Figura 3. Mapa de retração das geleiras por período analisado.

4. Considerações finais

Os resultados indicam que a causa das diferenças de retração das frentes das geleiras do campo de gelo Kraków não está associada um único fator e sim da combinação de vários fatores, como a declividade das frentes, elevação no setor frontal, área, orientação do fluxo de gelo e principalmente a configuração de término de cada uma delas. Estes parâmetros analisados mostraram as diferenças de sensibilidade de algumas geleiras da área de estudo às mudanças climáticas regionais no período. Com o processo de retração houve a perda de 16,59 km², equivalente a 16,86% da área total (98,56 km² em 1988). As geleiras que apresentaram maiores retrações foram Szymanowski (22,36%), White Eagle (29,1%), Wanda (33,33%), Wyspianski (38,96%), Dobrowolski Sul (39,74%), Penderecki (42,94%), e Dragon (62,37%). Destas, as que apresentam frente de maré são Wyspianski e Dobrowolski Sul, as demais são terrestres. As geleiras Wanda, Dragon e White Eagle, que são as de menor área, apresentaram a sua maior perda percentual até 2000, estas podem ter mudado de frente de maré para frente em terra no período analisado. A integração dos



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

dados em SIG possibilitou gerar um banco de dados que apoiará o monitoramento contínuo das geleiras, além do estudo comparativo com outras massas de gelo para melhor entender as diferenças de sensibilidade às mudanças ambientais regionais.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPERGS, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento desse estudo e ao Centro Polar e Climático (CPC) UFRGS.

Referências Bibliográficas

ANDRADE, A.M. **Delimitação de geoambientes na península Potter, ilha Rei George (Antártica Marítima), utilizando dados COSMO-SkyMed e Quickbird.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Sensoriamento Remoto, p. 150, 2013

ARIGONY-NETO, J. **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.** Dissertação de Mestrado Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 84, 2001.

ARIGONY NETO, J. **Monitoring glacier parameters on the Antarctica Peninsula.** Tese de Doutorado, Universidade de Freiburg, Faculty of Florest and Enviromental Science, 136 p., 2006.

BINJANTA, R. **The local surface energy balance of the Ecology glacier, King George Island, Antártica: measurement sand modeling.** Antarctic Science, v. 7, n. 3, p. 315-325, 1995.

BIRKENMAJER, K. **Retreat of Ecology Glacier, Admiralty Bay, King George Island (South Shetland Islands, West Antarctica, 1956-2001.** Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Earth Sciences, v.50, p.15-29, 2002.

BRAUN, M.; SIMÕES, J. C.; VOGT, S.; BREMER, U. F.; SAURER, H.; AQUINO, F. E. **A new satellite image map of King George Island (South Shetland Islands, Antarctica).** Polar Forschung, v. 71, p. 47-48, 2001.

BRAUN, M.; GOSSMANN, H. **Glacial changes in the areas of Admiralty Bay and Potter Cove, King George Island, maritime Antarctica.** In: BEYER, L.; BOLTER, M. (Org). **Geocology of Antarctic ice-free coastal landscapes.** Berlin: Springer-Verlag. P. 75-89, 2002



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

BRAUN, M.; SAURER, H. e GOBMANN, H. **Climate, energy fluxes and ablation rates on the ice cap of King George Island.** Pesquisa Antártica Brasileira, v.4, p. 87-104, 2004.

BREMER, U. F. **Morfologia e Bacias de Drenagem da Cobertura de Gelo da ilha Rei George, Antártica.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Dissertação de mestrado. p.117, 1998.

CARRASCO, J.F. **Decadal Changes in the near-surface air temperature in the western side of the Antarctic Peninsula.** Atmospheric and Climate Sciences, 3, p. 275–281, 2013.

DOMACK, E. W. e ISHMAN, S. E. **Oceanographic and physiographic controls on modern sedimentation within Antarctic fjords:** Geological Society of America Bulletin, v. 105, p. 1175-1189, 1993.

IPCC. **Intergovernmental Panel on Climate Change. 2013.** Climate change 2013: The physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report. IPCC, Geneva, Switzerland. K NAP, W. H.; OERLEMANS, J. e CADEE, M. **Climate sensitivity of the ice cap of King George Island, South Shetland Islands, Antarctica.** Annals of Glaciology, v. 23, p. 154- 159, 1996.

MORRIS, E. M. e VAUGHAN, D. G. **Spatial and temporal variation of surface temperature on the Antarctic Peninsula and the limit of variability of ice shelves,** 2003.

PARK, B. K.; CHANG, S. K.; YOON, H. I. e CHUNG, H. **Recent retreat of ice cliffs, King George Island, South Shetland Islands, Antarctic Peninsula.** Annals of Glaciology, v. 27, p. 633-635, 1998.

RAKUSA-SUSZCZEWSKI, S (Ed.). **The maritime Antarctic coastal Ecosystem of Admiralty Bay.** Warsaw, Polish Academy of Sciences, p. 27-30, 1993.

ROSA, K.K.; SARTORI, R. Z. **Análise das mudanças ambientais da Geleira Viéville, Baía do Almirantado, Ilha Rei George, Antártica.** Pesquisas em Geociências, 42 (1): 61-71, jan./abr. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil, 2015

SETZER, A.; ROMÃO, M.; AQUINO, F. E. **Antártica: Relação Climática com a América do Sul.** Contribuição mensal em Item 7, Climanálise Boletim de Monitoramento e Análise Climática, CPTEC, Vol.23, nos. 1 a 12, 2008.

SIMÕES, J. C. **Antártica e as mudanças globais: um desafio para a humanidade.** José Goldemberg (Coord.). Série Sustentabilidade. São Paulo: Blucher. p. 168, 2011.

TURNER, J.; BINDSCHADLER, R. A.; CONVEY, P.; Di PRISCO, G.; FAHRBACH, E.; GUTT, J.; HODGSON, D. A.; MAYEWSKI, P. A. e SUMMERHAYES, C. P.(eds.). **Antarctic Climate Change and the Environment.** Cambridge, Scientific Committee on Antarctic Research, p. 1-32, 2009.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

USGS. **United States Geological Survey**. 2015. Earth Explorer. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov>>. Acesso em: 19/10/2017

VAUGHAN, D.G.; MARSHALL, G.J.; CONNOLLEY, W.M.; PARKINSON, C.; MULVANEY, R.; HODGSON, D.A.; KING, J.C.; PUDSEY, C.J. e TURNER, J. **Recent rapid regional climate warming on the Antarctic Peninsula**. Climatic Change, 60, p. 243– 274, 200