



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

## LEVANTAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DOS LAGOS DE ÁREAS LIVRES DE GELO DAS ILHAS NELSON E REI GEORGE, ANTÁRTICA

Manoela Araujo Gonçalves de Oliveira<sup>(a)</sup>, Carina Petsch<sup>(b)</sup>, Kátia Kellem da Rosa<sup>(c)</sup>, Rafaela Mattos Costa<sup>(d)</sup>, Jefferson Cardia Simões<sup>(e)</sup>

<sup>(a)</sup> Programa de Pós Graduação em Geografia, UFRGS [manuella.araujo@hotmail.com](mailto:manuella.araujo@hotmail.com)

<sup>(b)</sup> Centro Polar e Climático - UFRGS [carinapetsch@gmail.com](mailto:carinapetsch@gmail.com)

<sup>(c)</sup> Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFRGS [katiakellem@gmail.com](mailto:katiakellem@gmail.com)

<sup>(d)</sup> Departamento de Geografia, UFRGS [raffaellamattos@hotmail.com](mailto:raffaellamattos@hotmail.com)

<sup>(e)</sup> Programa de Pós Graduação em Geografia, UFRGS [jefferson.simoes@ufrgs.br](mailto:jefferson.simoes@ufrgs.br)

**Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais**

### Resumo

Este trabalho tem como objetivo realizar o levantamento e caracterização dos lagos das áreas livres de gelo das ilhas Rei George e Nelson, buscando estabelecer padrões pela sua localização. Foram usadas imagens Landsat, Digital Globe, Planet Scope e Sentinel 2 para vetorização e mapeamento dos lagos através do *Google Earth*. A hipsometria e declividade dos lagos foi determinada com dados do MDE Tandem-X e REMA. Os resultados indicaram que na ilha Nelson, os lagos se localizam em baixas declividades e baixas altitudes, com exceção da Ponta Harmony e Stansbury, já na ilha Rei George os lagos se localizam em setores mais elevados e declivosos, entre as cotas de 0-160 m e declividade entre 0-45%. A exposição das áreas livres de gelo está ligada ao aquecimento na temperatura do mar que provoca desintegração do gelo do marinho e mudanças no comportamento dos ventos e correntes oceânicas.

Palavras chave: lagos, áreas livres de gelo, ilha Rei George, Ilha Nelson

### 1. Introdução

Para a Península Antártica (PA), estima-se que a temperatura atmosférica superficial da região tenha aumentado desde 1950, sendo indicada, em escala global, como uma das áreas mais sensíveis às mudanças do clima (TURNER *et al.*, 2009). Mudanças na cobertura de neve, na posição da frente das geleiras, e variações e tendências na duração de congelamento e descongelamento (fenologia) dos lagos são claros exemplos de indicadores de mudanças climáticas no sistema hidrológico proglacial (QUESADA *et al.* 2006). Como resultado, esse processo pode ocasionar o aumento em área e na quantidade de lagos glaciais (WANG *et al.* 2011). Todavia, salienta-se que a formação, evolução e persistência de um lago



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

proglacial também estão diretamente ligadas a dinâmica glacial e a natureza do ambiente de entorno (CARRIVICK e TWEED, 2013).

Considerando a importância dos lagos como indicadores de mudanças climáticas, se faz necessário realizar monitoramento das áreas livres de gelo e caracterização dos lagos para auxílio também em outros estudos. Quanto ao monitoramento constante de lagos, salienta-se que o alto custo e logística restringem as viagens de pesquisa para as regiões polares. Nesse sentido, o uso do Sensoriamento Remoto permite o monitoramento da cobertura de gelo de um grande número de lagos em uma grande área (PIERSON *et al.* 2011). Portanto, dados de satélites e fotografias aéreas são fontes importantes de informação para monitorar mudanças de curto e de longo prazo que ocorrem em um local específico ou regiões ao longo do tempo (JAWAK, 2015).

O objetivo dessa pesquisa é realizar o levantamento e caracterização dos lagos das áreas livres de gelo das ilhas Rei George e Nelson, Antártica, buscando estabelecer padrões pela sua localização.

### 1.1. Área de estudo

A Ilha Rei George e Ilha Nelson (Figura 2) fazem parte das 29 ilhas que compõem as Shetlands do Sul, este arquipélago situa-se a noroeste da PA (Figura 1 – B). A Ilha Rei George é a maior delas, possui área de 1.250km<sup>2</sup>, o maior eixo com 80 km de comprimento, está orientado no sentido sudeste-nordeste e o menor, com 15 km de largura - no sentido oposto, as áreas livres de gelo na ilha correspondem a menos de 10% (BREMER, 1998). Já a Ilha Nelson possui uma área de 200 km<sup>2</sup>, o ponto mais elevado na ilha está a 313 metros acima do nível do mar.

Durante o inverno ocorre na área de estudo um clima marítimo relativamente ameno, resultando em baixa variabilidade anual das temperaturas mensais médias do ar (SMITH *et al.* 1996) e frequente sucessão de centros de baixa pressão móveis para leste na zona circumpolar do vento oeste do Hemisfério Sul (BINTANJA e VAN DEN BROEKE, 1995)



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

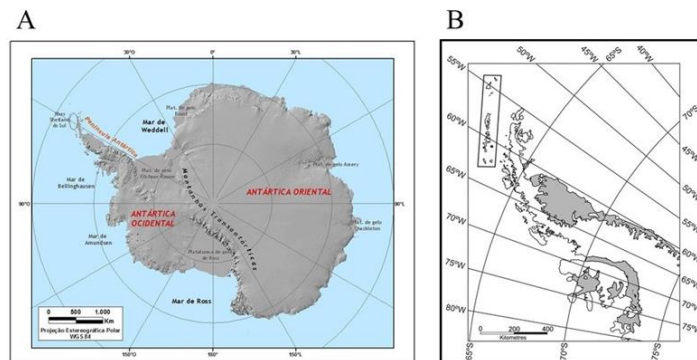


Figura 1 – Localização da área de estudo, sendo que “A” apresenta a Antártica, “B” a península Antártica.

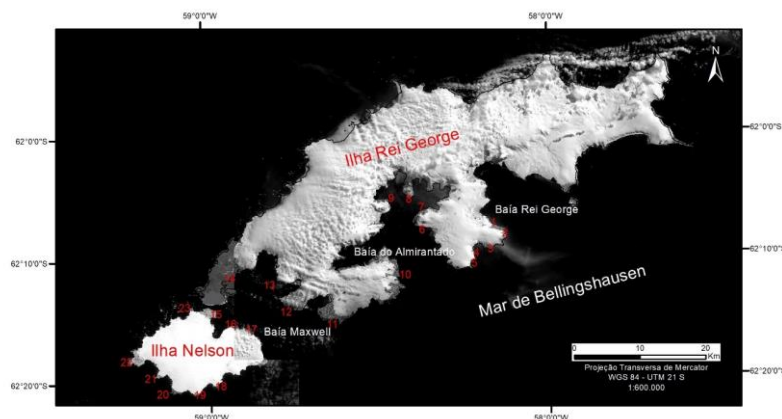


Figura 2 – Localização das ilhas Nelson e Rei George. Os números de 1 a 23 localizam os setores com lagos mapeados. Das 23 áreas mapeadas, pelo menos 17 são recentemente expostas, somente com lagos proglaciais.

## 2. Materiais e Métodos

A base de dados da pesquisa se constitui de imagens de satélites Landsat, Digital Globe, Planet Scope e Sentinel 2 da ilha Rei George e Nelson obtidas a partir de 2006 até 2018. Complementarmente foram utilizados dados vetoriais em formato *shapefile* dos divisores de drenagem do GLIMS e Bremer (1998) para a ilha Nelson e Rei George, respectivamente. Os modelos digitais de elevação utilizados foram o Tandem-X produzido por Braun *et al.* (2016), com resolução espacial de 12 m, para toda a ilha Rei George e o REMA (Modelo de Elevação de Referência da Antártica) de 8 metros de resolução para a ilha



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

Nelson. Todos os dados foram padronizados cartograficamente para a projeção UTM 21sul e datum WGS 84.

A metodologia empregada para o reconhecimento de lagos consiste em um mapeamento das feições utilizando o *Google Earth*, baseado em vetorização manual. Os dados em formato kml foram convertidos para *shapefile* no programa *Arc Gis*, e em seguida foi feita a caracterização morfométrica. A partir do MDE foram obtidos os dados hipsométricos e de declividade da área de estudo. A declividade foi delimitada com as classes de porcentagem entre: 0-3 (plano), 3-8 (Suave ondulado), 8-20 (ondulado), 20-45 (forte ondulado), 45-75 (montanhoso). A hipsometria foi aplicada entre 0-200 m com intervalos definidos de 20 m apenas para análise das áreas livres de gelo.

Os lagos foram classificados como proglaciais e periglaciais. O critério usado para esta análise é a conexão hidrológica que mantém os lagos no setor proximal a geleira, sendo estes chamados de proglaciais.

### 3. Resultados e discussões

#### 3.1 Lagos na península Fildes, Weaver, Barton e Potter – Ilha Rei George

A península Fildes (figura 2, setor 14) apresenta o maior número de lagos (80) formados o que se deve ao tempo que essa área está livre de gelo, permitindo a formação de lagos periglaciais na porção sul e lagos proglaciais na porção norte, nas margens da geleira Collins.

A partir de 10.000 AP, quando se iniciou o processo de desnudação da península, o campo de gelo da ilha Rei George retraiu, deixando o sistema glacial do domo Collins e pequeno campo de gelo nas áreas planálticas no Norte e Sul.

De forma geral, as áreas de Potter, Barton, Fildes e Weaver apresentam relevos rebaixados com os lagos localizados em áreas retrabalhadas há maior tempo pelos processos intempéricos promovidos pela exposição no verão. Estas áreas juntamente com outras duas da ilha Nelson (Ponta Harmonia e Stansbury) são as únicas que apresentam a zona periglacial,



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

apresentando processos de erosão não glacial, e água líquida proveniente de fusão de neve e precipitação líquida que alimentam os lagos. Durante o verão austral, em decorrência do aumento da temperatura do ar, ocorre intenso processo de ablação da neve e gelo acumulados durante o inverno, (Francelino et al., 2004)

Na península Potter a rede de drenagem observada apresenta as mesmas características gerais que a Fildes, onde há o predomínio de cursos glaciofluviais principais esculpindo os talwegues de vales. Na península Barton (figura 2, setor 12) e Weaver (figura 2, setor 13) os lagos se encontram em setores mais altos entre 20 e 140 metros e a maioria deles se encontram em área periglacial. Quanto a declividade, os lagos também se formam em áreas com menor declividade, entre 0-20% (Tabela I).

Essas áreas são voltadas para a Baía Maxwell e ocorre um padrão no recuo das geleiras e aumento das áreas livres de gelo nesse setor. Provavelmente, essa área sofre com eventos de aumento de temperatura do mar (TSM). Vaughan et al (2003) aponta que a TSM sobre o mar de Bellingshausen é de cerca de 7°C superior ao mar de Weddell. Além disso, essa área está exposta à ventos provenientes do Estreito de Drake, principalmente do sentido noroeste e oeste (Schloss et al., 2012). Em fevereiro, eles são mais comuns, trazendo fortes precipitações, umidade relativa e cobertura de nuvens (RAKUSA-SUSZCZEWSKI et al. 1993). O vento e aumento da TSM podem provocar mudanças na precipitação e, portanto, no balanço de massa das geleiras.

Tabela I – Características dos lagos na Baía Maxwell

Setor	Altitude (m)	Declividade (%)	Área (m <sup>2</sup> )	Número de lagos
<b>Fildes proglacial</b>	40-80	0-3	355.120.569	9
<b>Fildes periglacial</b>	40-120	0-8	50.933	71
<b>Barton proglacial</b>	120-140	0-8	11.879	5
<b>Barton periglacial</b>	40-120	0-20	44.779	11
<b>Potter proglacial</b>	0-100	0-8	293.575	12
<b>Potter periglacial</b>	0-80	0-8	112.169	18
<b>Weaver proglacial</b>	100-160	0-20	13.592	4
<b>Weaver periglacial</b>	20-140	0-20	10.575	4





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

### **3.2 Lagos na Baía do Almirantado e Baía Rei George: áreas recentemente expostas**

As áreas livres de gelo na baía do Almirantado e baía Rei George (tabela 2) diferem-se em alguns aspectos dos setores voltados para Baía Maxwell. Estas áreas não desenvolveram ainda um ambiente periglacial, ou seja, todos os lagos encontram-se conectados as geleiras. Diversos estudo tem apontado retração significativa das geleiras nestas áreas e algumas delas deixaram de possuir frente de maré e passaram a ter suas frentes em terra nas últimas décadas, como é o caso da geleira Wanda (figura 2, setor 7), Anna Sul 2 (figura 2, setor 1), White Eagle (figura 2, setor 2), Wit Norte (figura 2, setor 3), Matejko (figura 2, setor 4), e Szymanowski (figura 2, setor 5). Essas áreas passaram a apresentar canais de água de degelo das geleiras e formações morânicas que acabam represando a água dos canais e formando lagos proglaciais.

No campo de gelo Warszawa (figura 2, setor 10), também houve significativo aumento das áreas livres de gelo, 7 km<sup>2</sup> no período de 1956 a 2017 (PERONDI, 2017), e acabou expondo canais de degelo, lagos e lagunas. Estes lagos e lagunas contam com uma área de 686.030 m<sup>2</sup>, a segunda área com maior número de lagos na ilha perdendo apenas para a península Fildes com 80 lagos.

Os lagos da geleira Anna Sul 2 (figura 2, setor 1), foram formados nas últimas décadas, esta geleira está entre as que mais perderam área no período de 1988 a 2017, cerca de 2,12 km<sup>2</sup> (OLIVEIRA, 2018), a maior parte da frente desta geleira é de maré com exceção do setor sul onde aparecem os lagos após o período de retração.

Quanto a caracterização dos lagos, estes se apresentam entre as cotas de 0-160 metros, com declividade entre 0-45%. São terrenos mais jovens, menos retrabalhados e os canais glaciofluviais não entalharam o ambiente de forma tão pronunciada quanto nas áreas do item 3.1. Os canais se localizam principalmente entre as geleiras e os lagos proglaciais.



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

Uma possível explicação para haver estas duas áreas com comportamentos diferenciados está ligada à eventos de aumento de temperatura do mar e desintegração do gelo flutuante sobre o mar de Bellingshausen (Turner e Overland, 2009). O gelo marinho ajuda a fixar a frente de geleira, quanto esta tem frente no mar, e sua desintegração pode desestabilizar a frente provocando desprendimento de icebergs e retração da geleira. O aumento da TSM também acaba alterando a dinâmica das correntes oceânicas que chegam a ilha Rei George.

Tabela II – Características dos lagos na Baía do Amirantado e Baía Rei George

Setor/Geleira	Altitude (m)	Declividade (%)	Área (m <sup>2</sup> )	Número de lagos
Anna Sul 2	0-40	20-45	36.850	4
Wit Norte	140-160	0-20	2.624	3
Matejko	100-120	0-8	529	2
White Eagle	60-100	0-8	2.339	2
Znosco	20-40	20-45	63.553	1
Wanda	20-40	0-8	41.104	1
Vieville	20-40	8-20	4.257	1
Szymanowski	40-60	20-45	697	1
Campo Warczawa	0-120	0-45	686.030	42
Península Keller	20-40	0-20	4.612	2

### 3.3 Lagos na Ilha Nelson

Os lagos na Ilha Nelson se concentram em áreas de baixa declividade, a maioria deles entre 0% e 8% que representa áreas planas e suave onduladas de acordo com classificação da EMBRAPA (1979). Estas áreas não ultrapassam os 40 metros, são setores baixos e a maioria deles recentemente expostos, apenas na Ponta Harmonia (figura 2, setor 22) e Stansbury (figura 2, setor 15) há setores periglaciais. Na Ponta Stansbury as declividades chegam a 20% (Tabela III), isso acontece porque nesse setor os lagos se concentram numa área com pequenos vales.

A Ponta Ross (figura 2, setor 20) apresenta o maior número de lagos, totalizando uma área de 115.891m<sup>2</sup>. Além dos lagos, há também morainas e diversos canais interligando um



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

lago ao outro e a áreas de alagados próximo do mar. A retração das geleiras nesta área pode ser acompanhada pelas imagens de satélite, que comprovam perda de área significativa tanto em geleiras de maré como em geleiras com frente em terra.

A ilha Nelson possui comportamento próximo à Ilha Rei George quanto à retração das geleiras. A ponta Harmonia e Ponta Stansbury são as mais desenvolvidas, apresentando processos periglaciais, e estão expostas à umidade e ventos do Estreito de Drake. As áreas recentemente expostas também possuem, possivelmente, a retração das geleiras ligadas ao aquecimento da TSM, já citada acima.

Tabela III – Características dos lagos da Ilha Nelson

Setor/Geleira	Altitude (m)	Declividade (%)	Área (m <sup>2</sup> )	Número de lagos
Ponta 1	0-20	0-3	20.973	5
Ponta 2	0-20	0-8	3.720	3
Ponta 3	0-40	0-3	11.099	2
Ponta 4	0-20	0-8	19.586	2
Ponta 5	0-20	0-3	4.406	1
Ponta Ross	0-20	0-3	115.891	17
Ponta Dedo	20-40	0-3	1.530	2
Ponta Harmonia - Proglacial	20-40	0-8	26.631	8
Ponta Harmonia - Periglacial	20-40	0-8	15.953	2
Ponta Stansbury - Proglacial	20-40	0-20	42.134	4
Ponta Stansbury - Periglacial	20-40	0-20	3.973	1

#### 4. Considerações finais

Com base nos modelos digitais de elevação foi possível analisar a declividade e hipsometria nas áreas livres de gelo com presença de lagos. Os dados permitiram verificar que na ilha Nelson, os lagos se localizam em baixas declividades (0-20%) e baixas altitudes (0-40





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

m), sendo a maioria das áreas expostas recentemente, com exceção da Ponta Harmony e Stanbury que apresentam formação de ambiente periglacial.

Na ilha Rei George, é possível delimitar dois setores, o primeiro corresponde as penínsulas Fildes, Weaver, Barton e Potter onde o relevo é mais retrabalhado, e os lagos se localizam entre as cotas 0-140 m e declividade entre 0-20% principalmente nas zonas periglaciais. Essas áreas expostas há mais tempo podem ter a retração das geleiras ligadas a mudanças na TSM e alterações no padrão de correntes marítimas e ventos provenientes do Estreito de Drake. O segundo setor é na Baía Rei George e Baía do Almirantado onde as áreas expostas são recentes, com rápida retração das geleiras com frente em maré, originando lagos proglaciais entre as cotas de 0-160 m e declividade entre 0-40%. Este setor apresenta principalmente retração das geleiras com frente de maré, que possivelmente podem se desestabilizar com o aumento da TSM e desintegração do gelo marinho.

O monitoramento das áreas livres de gelo é relevante, pois o surgimento de lagos nos setores frontais das geleiras mostra o quanto as geleiras estão instáveis ao aquecimento na região, e dessa forma podemos inferir sobre a dinâmica de cada uma delas. Assim, como é necessário o entendimento do ambiente proglacial e as feições deposicionais encontradas, a partir delas pode-se detectar mudanças ambientais regionais relacionando ao processo de retração das geleiras, bem como desenvolver cenários para as próximas décadas. Como estudos futuros pretende-se fazer a evolução temporal dos lagos para determinar quando estes surgiram e como tem variado em área.

### **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.



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

### Referências Bibliográficas

AHLERT S. Variações morfológicas do campo de gelo da ilha Brabant, Antártica. **Dissertação de Mestrado**. Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, p. 102, 2005

BINTANJA, R.; VAN DEN BROEKE, M. R. The surface energy balance of Antarctic snow and blue ice. **Journal of Applied Meteorology**, v. 34, p. 902–926, 1995.

BRAUN, M. H.; BETSCH, T.; SEEHAUS, T. **King George Island TanDEM-X DEM, link to GeoTIFF**. PANGAEA, 2016. Disponível em: <[doi.org/10.1594/PANGAEA.863567](https://doi.org/10.1594/PANGAEA.863567)>. Acesso em 11 de maio de 2017.

BREMER, U. F. Morfologia e bacias de drenagem da cobertura de gelo da Ilha Rei George, Antártica. **Dissertação de mestrado**. UFRGS, 1998.

CARRIVICK, J. L.; TWEED, F. S. Proglacial lakes: character, behaviour and geological importance. **Quaternary Science Reviews**, v. 78, p. 34–52, 2013.

DORAN, P. T.; WHARTON JR., R. A.; LYONS, W. B. Paleolimnology of the Mc Murdo Dry Valleys. **Antarctica Journal Paleolimatic**, v. 10, p. 85–114, 1994.

DUGUAY, C. R.; PROWSE, T. D.; BONSAI, B. R.; BROWN, R. D.; LACROIX, M. P.; MENARD, P. Recent trends in Canadian lake ice cover, **Hydrology Processes**, v. 20, n. 4, p. 781–801, 2006.

HOFMANN, E. E.; QUETIN, L. B. (eds.). Foundations for ecological research west of the Antarctic Peninsula. American Geophysical Union, Antarctic Research Book Series, v. 70, p. 105–121, 1996. R, J. et al. **Antarctic Climate Change and the Environment**. Cambridge, UK, Scientific Committee on Antarctic Research, p. 1-32. 2009

JAWAK, S. D.; MATHEW, J. Semi-automatic extraction of water bodies and roads from high-resolution QuickBird satellite data. **Proceedings of Geospatial World Forum**, Hyderabad, p. 247–257, 2011

OLIVEIRA, M.A.G. Processo de retração nas geleiras do campo de gelo Krakow, Ilha Rei George, Antártica. **Trabalho de Conclusão de Curso**. UFRGS, 2018.



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

PERONDI, Cleiva. Análise da evolução do ambiente proglacial das geleiras Ecology, Sphinx, Baranowski, Tower e Windy, Ilha Rei Georeg, Antártica. **Dissertação de Mestrado**. UFRGS, 2018

PIERSON, D. C. ; WEYHENMEYER, G. A.; ARVOLA, L.; BENSON, B.; BLENCKNER, T.; KRATZ, T.; LIVINGSTONE, D. M.; MARKENSTEN, H.; MARZEC, G.; PETTERSSON, K.; WEATHERS, K. An automated method to monitor lake ice phenology. **Limnology Oceanographic: Methods**, v. 9, p. 74–83, 2011.

QUESADA, V.; KAUP, H. L. Landscape control of high latitude lakes in a changing climate. In: BERGSTROM, D. M. et al. (eds.), **Trends in Antarctic Terrestrial and Limnetic**. Dordrecht: Springer, 2006.

SCHLOSS, I.R., ABELE, D., MOREAU, S., DEMERS, S., BERS, A.V., GONZÁLEZ, O. & FERREYRA, G.A. 2012. Response of phytoplankton dynamics to 19-year (1991-2009) climate trends in Potter Cove (Antarctica). **Journal of Marine Systems**, 92(1): 53-66

ŠMEJKALOVÁ, T.; EDWARDS, M. E.; DASH, J. Artic lakes show strong decadal trend in earlier spring ice-out. **Nature: Scientific reports**, v. 6, p. 1–8, 2016.

SMITH, R. C.; STAMMERJOHN, S. E.; BAKER K. Surface air temperature variations in the western Antarctic Peninsula Region. In: ROSS, R. M.; HOFMANN, E. E.; QUETIN, L. B. (eds.). **Foundations for ecological research west of the Antarctic Peninsula**. American Geophysical Union, Antarctic Research Book Series, v. 70, p. 105–121, 1996.

TURNER, J. et al. **Antarctic Climate Change and the Environment**. Cambridge, UK, Scientific Committee on Antarctic Research, p. 1-32. 2009

TURNER, J.; OVERLAND, J. Contrasting climate change in the two polar regions. **Polar Research**, v. 28, p. 146-164, 2009.

VAUGHAN, D. G. et al Recent rapid regional climate warming on the Antarctic Peninsula, **Climate Change**, v. 60 (3), p. 243-274, 2003.



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

WANG, W.; YAO, T.; GAO, Y.; YANG, X.; KATTEL, D. B. A first order method to identify potentially dangerous glacial lakes in a region of the southeastern Tibetan Plateau. **Mountain Research and Development**, v. 31, p. 122–130, 2011.