

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS DA  
NATUREZA**

Everton Ludwig Neutzling

**EVOLUÇÃO DA GELEIRA ANA, ILHA REI GEORGE, ANTÁRTICA E O ENSINO DE  
CIÊNCIAS DA NATUREZA.**

Porto Alegre  
2022

Everton Ludwig Neutzling

EVOLUÇÃO DA GELEIRA ANA, ILHA REI GEORGE, ANTÁRTICA E O ENSINO DE  
CIÊNCIAS DA NATUREZA.

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como requisito parcial à  
obtenção do título de licenciado em Ciências  
da Natureza do Instituto de Geociências da  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Profa. Dra. Kátia Kellem da Rosa

Porto Alegre

2022

### CIP - Catalogação na Publicação

Oxley da Rosa, Amanda  
PROJETOS POLÍTICOS PEDAGÓGICOS E A PERSPECTIVA DA  
EDUCAÇÃO AMBIENTAL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA / Amanda  
Oxley da Rosa. -- 2022.  
51 f.  
Orientadora: Kátia Kellem da Rosa.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto  
de Geociências, Licenciatura em Ciências da Natureza,  
Porto Alegre, BR-RS, 2022.

1. Educação Ambiental. 2. Projetos Políticos  
Pedagógicos. 3. Sustentabilidade. 4. Ciências da  
Natureza. I. Kellem da Rosa, Kátia, orient. II.  
Título.

Everton Ludwig Neutzling

EVOLUÇÃO DA GELEIRA ANA, ILHA REI GEORGE, ANTÁRTICA E O ENSINO DE  
CIÊNCIAS DA NATUREZA.

BANCA EXAMINADORA:

Prof<sup>a</sup>. Dra. Kátia Kellem da Rosa – CPC UFRGS

---

Instituto de Geociências, Centro Polar e Climático – UFRGS

Dr. Felipe Lorenz Simões

---

ME. Filipe Daros Idalino – UFRGS

---

Instituto de Geociências, Centro Polar e Climático – UFRGS

## Resumo

O presente estudo apresenta resultados da análise de mudanças ambientais na Geleira Ana Sul que se situa na Baía Rei George, localizada na ilha Rei George, Antártica, e disponibiliza um infográfico de divulgação científica sobre a pesquisa. Através de imagens SPOT e Landsat (1989), dados do GLIMS (2000) e duas imagens Planet Scope de 2020 foram gerados um Sistema de Informações Geográficas (SIG) e vetores de área da geleira para auxiliar na reconstrução do padrão e estilo de retração da geleira. Os dados de retração obtidos mostram que a geleira teve uma perda de 13,5% de área em 31 anos. A área glacial passou de 33,52 km<sup>2</sup> em 1989 para 28,97 km<sup>2</sup> em 2020. Os dados indicam que a geleira era de descarga com sua parte frontal fluindo diretamente para o ambiente marinho em 1989 e passou a ter um ambiente proglacial (emerso) a partir de 2000. Diversas alterações no ambiente são observadas desde 2000 e dentre as mais importantes feições no ambiente proglacial pode-se citar as morainas, lagos e canais de água de degelo. Foi elaborado um material educativo-informativo na forma de um infográfico visando a divulgação científica da temática no contexto não acadêmico e acadêmico visando a formação docente em cursos de Licenciatura em Ciências da Natureza.

**Palavras-chave:** Sistema de Informações Geográficas. Retração. Variações Ambientais, divulgação científica, recursos didáticos, ensino fundamental.

## ABSTRACT

The study aims to investigate de glacier shrinkage processes in the Western King George Bay Sector, Antarctica, and to elaborate on Scientific infographics improving communication in science. The Geographical Infomation System and remote sensing data (SPOT and Landsat images, 2000 GLIMS data and Planet Scope imagery were applied in the analysis and mapping. The Ana Glacier South lost 13% of the total area in 31 years (since 1989). The shrinkage data reveal that the glacier has 33.52 km<sup>2</sup> of the glacial area in 1989 and 28.97 km<sup>2</sup> in 2020. The glacier changed from the tidewater (marine) glacier to land-terminating (no-marine) since 1989. Several changes in the environment are observed since 2000. There are foreland expansion and morainic, lakes and meltwater channels expansion. An educational-informative infographic was prepared for scientific divulgation for academic and non-academic audiences.

Keywords: Geographical Infomation System; shrinkage; environmental change; scientific communication, infographic, elementary school.

## SUMÁRIO

<b>1 - INTRODUÇÃO</b> .....	<b>4</b>
1.1 INTRODUÇÃO .....	4
1.2 OBJETIVO GERAL .....	5
1.3 JUSTIFICATIVA .....	5
1.4 ÁREA DE ESTUDO.....	6
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>9</b>
2.1 CARACTERÍSTICAS DAS GELEIRAS.....	9
2.2 O AMBIENTE MARGINAL AO GELO - A GELEIRA, O PARAGLACIAL E O PROGLACIAL .....	11
2.3 O AMBIENTE PROGLACIAL E AS FEIÇÕES DE RELEVO GLACIAIS.....	12
2.4 A VARIABILIDADE NO HOLOCENO E AS RECENTES MUDANÇAS CLIMÁTICAS - O CONTEXTO DAS SHETLANDS DO SUL .....	13
2.5 DESAFIOS DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E A SUA RELAÇÃO COM O ENSINO ESCOLAR .....	16
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>18</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>20</b>
4.1 VARIAÇÕES DE ÁREA GLACIAL E AS ALTERAÇÕES NO AMBIENTE PROGLACIAL .....	20
4.2 MATERIAIS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA: RELEVÂNCIA DO MATERIAL PRODUZIDO NO ENSINO ESCOLAR E DIFICULDADES DE SUA ELABORAÇÃO	25
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>31</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>32</b>

## 1 - INTRODUÇÃO

### 1.1 INTRODUÇÃO

Segundo Lee, Raymond, Bracegirdle (2017), a Antártica possui menos que 1% de área livre de gelo no continente e são habitats de plantas e animais. O entendimento dos efeitos da expansão das áreas livres de gelo é essencial para o completo entendimento das implicações das mudanças climáticas no continente (LEE, RAYMOND, BRACEGIRDLE, 2017).

Dos mantos de gelo, calotas e campos de gelo, fluem geleiras em direção ao mar. As geleiras são uma massa de neve e gelo que se movem continuamente por fluência (“creep”), e muitas vezes por deslizamento basal, de um ponto mais alto para outro mais baixo, são encontradas principalmente nas regiões polares (SIMÕES, *et al*, 2004). As geleiras Antárticas e subantárticas são altamente sensíveis às mudanças climáticas em andamento, especialmente as geleiras marinhas, como a geleira Ana ( FIG 1 ) , que flui do campo de gelo Krakow em direção ao mar.

Há várias alterações no ambiente quando observamos as imagens de sensores remotos orbitais e os dados obtidos em expedições em diversos locais da Antártica nas últimas décadas. As pesquisas do Centro Polar e Climático da UFRGS investigam as mudanças nas geleiras e no manto de gelo Antártico, pois elas são indicadoras das mudanças climáticas. Mantos de gelo são massas de gelo que cobrem uma área de terreno superior a 50.000 km (SIMÕES *et al.*, 2004), eles podem ser vistos somente na Antártica e na Groenlândia. Como impactos das mudanças climáticas há o derretimento de geleiras e a sua contribuição para o aumento médio do nível dos mares (IPCC, 2021).

A partir dos resultados obtidos por Perondi *et al.* (2020) verificam-se mudanças ambientais como a evolução da margem das geleiras passando de marinha para a terrestre na ilha Rei George, Antártica Marítima, região subpolar do planeta. Com a retração das margens da geleira, formam-se áreas livres de cobertura glacial, o chamado ambiente proglacial (PERONDI, 2018). O termo paraglacial pode ser definido como o período de tempo em que ocorre o ajuste ambiente neste setor proglacial, pois este inicia-se com a exposição de uma área livre de gelo

(BALLANTYNE, 2002). Com o aumento das áreas livres de gelo após a retração da geleira há a sucessão vegetal (MOREAU *et al.*, 2008).

A divulgação científica das pesquisas sobre a temática impactos das mudanças climáticas pode se revelar importante para o maior entendimento de questões noticiadas pela mídia. Ciência e tecnologia se revelam em importantes debates públicos e o tema mudanças climáticas é um exemplo do que é abordado (FAGUNDES *et al.* 2021). Ações para minimizar a falta de informação ou mesmo desinformação é relevante (WARDLE e DERAKHSHAN, 2018; FAGUNDES *et al.* 2021), pois a existência de notícias falsas sobre diversos temas produz efeitos para a sociedade e para a ciência e traz desafios e ameaças tanto para a compreensão e apropriação social do conhecimento (FAGUNDES *et al.* 2021).

Diante da pronunciada tendência à aquecimento atmosférico desde meados do século XX e do cenário de mudanças climáticas projetadas para as próximas décadas (IPCC, 2021), este trabalho de conclusão de curso foca-se nas seguintes questões:

a) é possível compreender as recentes alterações em uma geleira como resposta às mudanças climáticas regionais nas últimas décadas pela interpretação de imagens de satélite e feições morainicas? b) é possível gerar um material informativo chamando a atenção dos leitores para os principais resultados e discussões gerados neste trabalho e que possa contribuir com o Ensino de Ciências escolar?

## 1.2 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do trabalho é investigar mudanças na geleira Ana, Antártica, e elaborar um material educativo-informativo na forma de um infográfico visando a divulgação científica da temática nas aulas de Ciências da Natureza.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

A estimativa e o mapeamento das variações de área da geleira Ana nas últimas décadas fizeram parte de uma das atividades de Iniciação Científica na UFRGS que foi desenvolvido desde o ano de 2021. Esta etapa que iniciou no mês de Outubro do ano de 2021 compreende o estudo de uma área de relevante monitoramento devido a mudança de tipo de configuração de término marinho e não marinho nas últimas 3 décadas.

A investigação das principais alterações nas geleiras Antárticas com a retração glacial nas últimas décadas é relevante para o entendimento da variabilidade climática no Holoceno Superior e do impacto das mudanças climáticas projetadas pelo Painel Intergovernamental sobre as Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) para a região para as próximas décadas.

O presente trabalho contribuirá para a divulgação científica e para a ampliação da geração de materiais educativos que possam ser utilizados como ferramenta didática de popularização da ciência em aulas de Ciências, pois um dos resultados esperados é a geração de um infográfico sintetizando os resultados obtidos e as discussões acerca de exemplos dos efeitos das mudanças climáticas na Antártica com infográficos.

A proposição de materiais para fins de divulgação científica e educação ambiental sobre os impactos das mudanças climáticas com o uso de recursos visuais pode despertar o interesse dos alunos na temática.

A informação sobre os impactos das mudanças climáticas e interconexões existentes entre as diversas alterações no ambiente antártico é importante ser promovida aos diferentes públicos e com o uso de diferentes linguagens digitais.

A internet e os meios digitais com o uso de infográficos podem contribuir para tornar a informação e divulgação sobre a pesquisa científica, tornando-a mais atrativa aos jovens no contexto das aulas de Ciências.

#### 1.4 ÁREA DE ESTUDO

A geleira Ana Sul localiza-se no Campo de Gelo Kraków e está voltada para a Baía Rei George. Esta área de estudo localiza-se na Ilha Rei George, Shetlands do Sul, na região subpolar marítima Antártica (Figura 1).

Na ilha Rei George, localiza-se a Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF) pertencente ao Brasil. Comparativamente, a distância entre Porto Alegre até a estação é de aproximadamente 3.600 km, este distanciamento é menor que do norte do Brasil por exemplo até a capital do Rio Grande do Sul, de Porto Alegre até Belém do PA a distância aproximada é de 4.000 km.

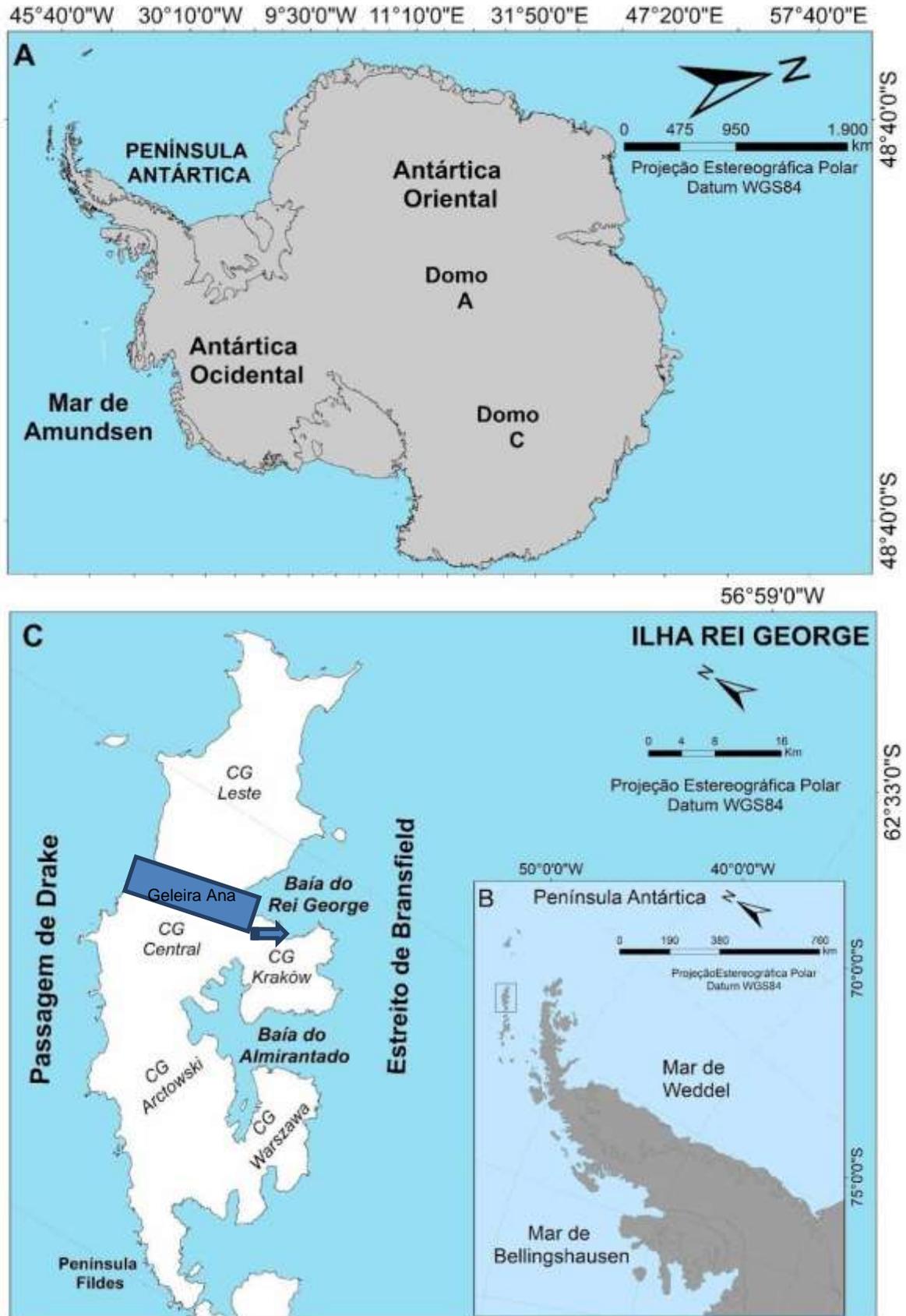


Figura 1. Localização do CG Kraków na Ilha Rei George, A ilha Rei George nas Shetlands do Sul e ao norte da Península Antártica.



Figura 2. Fotografia da Estação Comandante Ferraz do Brasil na Antártica- Crédito de imagem PROANTAR

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 CARACTERÍSTICAS DAS GELEIRAS

Os tipos de geleiras encontradas na Península Antártica (PA) e ilhas Shetlands do Sul, de acordo com a classificação primária, mostraram que 61% das geleiras são de descarga, especialmente distribuídas por toda a Península Antártica (SILVA *et al.*, 2019). Considerando a forma, 54% foram identificadas como bacias simples, mais comuns ao sul da região, e 30% de massa de gelo estão associadas com bacias compostas por tributários, distribuídas principalmente ao norte da área de estudo.

Quanto a atividade frontal das geleiras das ilhas Shetlands do Sul e Península Antártica, Silva (2019) aponta que há 30% de geleiras de desprendimento, 23% de desprendimento e piemonte, desprendimento e expansão, desprendimento e lobulada, e 17% são flutuantes, encontradas principalmente na porção norte e centro oeste, e 17% possuem pequenas frentes flutuantes, encontradas principalmente na parte norte e central do oeste e 17% estão alimentando plataforma de gelo no sul e leste parte da península central. Como características longitudinais, 50% das bacias são do tipo cascata e 38% são uniformes ou regulares, distribuídas por toda a região.

Aproximadamente 90% das geleiras da Península Antártica (PA) estão em processo de retração (SILVA, 2019). Aproximadamente, 85% da sua área total é constituída por geleiras de descarga, ou seja, drenam suas massas de gelo do platô coberto de gelo para o mar ou para uma plataforma de gelo. Cerca de 42% são geleiras de desprendimento, que estão drenando suas massas de gelo diretamente para o oceano (COOK *et al.*, 2014).

Na porção ocidental da Península Antártica, a retração de algumas bacias, provavelmente, se dá pelo aquecimento da água profunda circumpolar. No extremo noroeste, não encontramos esse padrão, pois as frentes das geleiras estão em águas mais frias (COOK *et al.*, 2016). A região costeira do centro oeste da PA experimentou um aumento de 12% na retração de suas geleiras entre 1992 e 2005, como resultado da aceleração das geleiras, os dados das estações meteorológicas não mostram aumento na temperatura do ar, o que pode estar ligado a retração e afinamento frontal das geleiras é o aquecimento do oceano (PRITCHARD; VAUGHAN, 2007). Essa área tem 60% das bacias de desprendimento e 29% flutuantes.

Nas ilhas Shetland do Sul no Norte da Península Antártica (PA), um estudo nas bacias de drenagem da capa de gelo da ilha Livingston mostra os possíveis efeitos do aumento da temperatura do ar superficial, onde as geleiras de descarga se deslocam a 250 m a<sup>-1</sup> (OSMANOGLU *et al.*, 2014).

Em um estudo entre 2008 e 2011, na ilha Rei George, foi estimado a velocidade de fluxo das geleiras em >225 m a<sup>-1</sup> e uma taxa de descarga de gelo em torno de  $0,720 \pm 0,428$  Gt a<sup>-1</sup>, valor este estimado para as geleiras de descarga e flutuantes, sugerindo que a perda de massa se dá pelo desprendimento de iceberg e degelo submarino (OSMANOGLU *et al.*, 2014). Outro estudo, realizado entre 2001 e 2008, permitiu constatar que a ilha Rei George perdeu 20 km<sup>2</sup> (aproximadamente 1,6% de sua área) (RÜCKAMP *et al.*, 2011). Além disso, dados geomorfológicos de duas geleiras, Wanda e Ecology, ao longo de cinco décadas, mostram que as bacias estão em processo de retração, e possuem base termal úmida (ROSA *et al.*, 2015), o que pode acelerar o movimento e desprendimento de uma geleira. As maiores retrações estão quase que inteiramente ligadas a geleiras de maré (BRAUN; GOSSMANN, 2002).

Silva (2019) concluiu que a partir da técnica de análise de imagens de sensores remotos é possível inferir sobre a classificação geomorfológica das geleiras. O trabalho identificou que 61% das bacias são de descarga. O fato da maioria das geleiras da Península Antártica serem de descarga mostra a vulnerabilidade dessas massas de gelo às mudanças climáticas. A possível alteração no seu equilíbrio dinâmico, pelo derretimento ou aceleração de fluxo do gelo, por exemplo, tende a aumentar o seu potencial para drenar a massa de gelo de uma área elevada, platô interno, campo de gelo ou calota de gelo para o oceano ou uma plataforma de gelo.

A partir dos resultados obtidos por Perondi *et al.* (2020) verificam-se mudanças ambientais como a evolução da margem das geleiras passando de marinha para a terrestre na ilha Rei George, Antártica Marítima. Com a retração das margens da geleira, formam-se áreas livres de cobertura glacial, o chamado ambiente proglacial (PERONDI, 2018).

## 2.2 O AMBIENTE MARGINAL AO GELO - A GELEIRA, O PARAGLACIAL E O PROGLACIAL

De acordo com Napieralski *et al.* (2007), os ambientes proglaciais são definidos como aqueles localizados próximo da frente de uma geleira, campo de gelo ou manto de gelo. O termo paraglacial é definido por Slaymaker (2009) como processos não glaciais condicionados pela glaciação. A paisagem paraglacial pode ser caracterizada em termos de taxa de mudança e trajetória dessa mudança. Não pode ser definido em relação a geleiras (como no proglacial) ou por processos de clima frio (como no periglacial). O autor define que quase todas as formas de relevo e paisagens paraglaciais são transitórias.

O termo paraglacial pode ser definido também como o período de tempo em que ocorre o ajuste ambiental, iniciado com a exposição de uma área livre de gelo. Com o aumento das áreas livres de gelo após a retração da geleira há a sucessão vegetal (MOREAU *et al.*, 2008). Os fatores bióticos, por sua vez, também possuem ligação com os processos geomorfológicos (VILES, 2003), porém atuam na estabilização da paisagem pois a sucessão vegetal irá atuar na estabilização dos sedimentos glaciais (BALLANTYNE, 2002b), por exemplo, em encostas do vale, depósitos de detritos paraglaciais e depósitos glaciofluviais (KLAAR *et al.*, 2015).

Destacam-se estudos que abordam os processos geomorfológicos e ecológicos - biogeomorfologia - associados à estabilização da zona proglacial são mais abundantes para geleiras alpinas e árticas (RAFLL *et al.*, 2006; MOREAU *et al.*, 2008; MERCIER *et al.*, 2009; EICHEL *et al.*, 2013), sendo poucos os trabalhos desenvolvidos nesta temática para a Antártica. Eichel *et al.* (2018) fizeram um estudo espaço-temporal das morainas utilizando uma combinação de dados geomorfológicos e ecológicos. Estas interpretações podem dar suporte ao entendimento da evolução da retração de geleiras com ambiente marginal ao gelo terrestre ao longo do Holoceno.

A reconstrução da evolução dos sistemas paraglaciais, registram a formação de estágios sucessivos evolutivos entre as geleiras e mudanças na configuração de término marinha para geleiras de término terrestre. Foram evidenciadas mudanças no padrão de retração e respostas nas formas e processos geomorfológicos (PERONDI *et al.*, 2019). O mapeamento das geleiras que apresentaram mudanças evidencia que nas bacias de drenagem do Drake, nenhuma geleira mudou de marinha para não

marinha no período 2000-2018. Foi apresentada a atualização dos polígonos das áreas de bacias de drenagem, tipo de geleiras e as áreas livres de gelo para toda a ilha Rei George (PERONDI *et al.*, 2019).

O mapeamento geomorfológico evidencia que os processos paraglaciais se diferenciam entre os ambientes marginais ao gelo das geleiras e não são padronizados (PERONDI *et al.*, 2019). A localização em valores de declividade, disposição espacial no vale e a sua localização no ambiente marginal ao gelo assim como o grau de distúrbio do ambiente e o padrão de drenagem por mapeamento geomorfológico também devem ser critérios a serem identificados no contínuo monitoramento das mudanças nas feições geomorfológicas e evolução do ambiente marginal ao gelo (PERONDI *et al.*, 2019). A ampliação de dados em campo para outras latitudes, em auxílio à identificação do estágio de evolução do ambiente deposicional, em resposta à retração glacial, pode possibilitar o detalhamento da evolução destes sistemas paraglaciais da Antártica e a extração de cenários preditivos de evolução, diante da projeção de tendência de aumento da temperatura média superficial para as próximas décadas nas regiões polares (PERONDI, 2019).

### 2.3 O AMBIENTE PROGLACIAL E AS FEIÇÕES DE RELEVO GLACIAIS

O ambiente proglacial possui feições de relevo glaciais que registram informações indicativas de deglaciação, direção de fluxo entre outros dados (BENN; EVANS, 2010) como, avanço máximo da geleira, direção e padrão de retração glacial (NAPIERALSKI *et al.*, 2007). Regiões glaciais possuem diferentes formas de relevo e sedimentos, um dos maiores desafios é identificar essas formas e sua gênese (PERONDI, 2018).

Dentre as mais importantes feições pode-se citar as morainas, são deposicionais, formam-se por movimentos de massa e fluxos compressivos de empurrão e deformação glacioteclônica. Classificam-se de acordo com seu local de formação em morainas mediais (quando no meio de dois fluxos glaciais), laterais (lateral à geleira), morainas finais de avanço ou recessão, morainas em montículo (HAMBREY, 1994).

As morainas são feições difíceis de serem identificadas por imagens de satélite, pois são derivadas do processo de erosão glacial, quando as geleiras se

movimentam carregam uma carga de detritos e as depositam de diversas formas nos lugares onde começa a ocorrer a fusão do gelo. Esses acúmulos de material não se dispõem em camadas como ocorre com os depósitos sedimentares, mas formam massas entremeadas de materiais grossos e finos, dando origem às morainas (SILVA *et al.*, 2019).

No ambiente proglacial, podem ser identificadas diferentes feições de relevo, que são expostas posteriormente a retração glacial, podem estar situadas em ambientes de contato com o gelo, e distal a atual margem glacial. Com base nessas geoformas é possível reconstruir mudanças nas frentes das geleiras, antigas extensões, espessura do gelo, processos de avanços e retrações (BENNETT; GLASSER, 1996).

#### 2.4 A VARIABILIDADE NO HOLOCENO E AS RECENTES MUDANÇAS CLIMÁTICAS - O CONTEXTO DAS SHETLANDS DO SUL

Desde o Último Máximo Glacial (há 20 mil anos atrás) há a evolução da deglaciação na região e o planeta Terra passou por mudanças climáticas extremas (PIVEL, 2009). Desde o início do Holoceno, aproximadamente nos últimos 10 mil anos até 6 mil anos, há registros do aumento do nível do mar e retração das grandes geleiras (ROBERTS, 1998). Estudos de Mayewski *et al.* (2004) de acordo com registros paleoclimáticos, apontam para ao menos 6 mudanças ocorridas durante o Holoceno, que incluem resfriamento nos polos, clima árido nos trópicos e mudanças na circulação atmosférica. Os principais agentes forçantes das variabilidades climáticas ocorridas no período são: forçante orbital, variabilidade na atividade solar e atividades vulcânicas, mudanças na concentração de gases de efeito estufa e mudanças na cobertura do solo (WANNER *et al.*, 2008).

Um evento importante do período holocênico trata-se da Pequena Idade do Gelo, registrada principalmente no Hemisfério Norte, ocorrida há 300-400 anos atrás, que teve como principal forçante aumento da atividade vulcânica e diminuição da atividade solar (WANNER *et al.*, 2008). Na ilha Rei George, Antártica Marítima, esse evento está registrado em algumas morainas da geleira Ecology, datado de meados de 1880 (ANGIEL; DAŹBSKI, 2012).

De acordo com o mais recente relatório do IPCC (2021), encarregado de analisar e divulgar informações sobre o clima e suas variáveis evidencia que haverá mudança climática generalizada, rápida e intensa no planeta e sem precedentes nos últimos 6500 anos. Os estudos da história do clima, a paleoclimatologia, mostram inequivocamente que a mudança observada agora não tem precedentes ao longo dos últimos milhares de anos, ou mesmo centenas de milhares de anos. Está claro que as chances de ultrapassar um aquecimento global de 1,5 °C nas próximas décadas são altas.

Especificamente, sobre as regiões polares, o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT) da Criosfera destaca as seguintes observações do IPCC AR6 (IPCC, 2021). O aquecimento médio atmosférico poderá ser duas vezes maior no Ártico em relação ao resto do mundo e a perda da cobertura sazonal de neve e o derretimento do permafrost, de geleiras e dos mantos de gelo da Groenlândia aumentarão. Além disso, é praticamente certo que o Ártico continuará a aquecer mais do que o aumento da temperatura da superfície global e a frequência das ondas de calor marinhas continuará a aumentar no oceano Ártico.

A influência humana é muito provavelmente a principal causa da redução da área de gelo que cobre o oceano Ártico entre 1979–1988 e 2010–2019 (uma perda de aproximadamente 40% em setembro e de 10% em março) (IPCC, 2021). Derretimento do gelo marinho, entre 2011–2020, a área média anual da cobertura de gelo do oceano Ártico atingiu seu nível mais baixo pelo menos desde 1850. A área de gelo do oceano Ártico no final do verão é a menor dos últimos 1000 anos. É provável que o Ártico estará praticamente sem gelo marinho em setembro de 2050. Mas alguns cenários indicam que isso pode ocorrer antes desse ano. Há pouca confiança na redução projetada do gelo marinho da Antártica e o sinal ainda não é claro. A influência humana é muito provavelmente a principal causa do recuo global das geleiras polares e extrapolares desde a década de 1990 e tenha contribuído para o derretimento da camada superficial do manto de gelo da Groenlândia que ocorreu ao longo das últimas duas décadas. A taxa média de aumento do nível do mar foi 1,9 mm por ano entre 1971 e 2006, e aumentando ainda mais para 3,7 mm por ano entre 2006 e 2018. Quase todas as geleiras de montanha do mundo estão recuando sincronizadamente desde a década de 1950. Tal retração das geleiras é sem precedentes pelo menos nos últimos 2.000 anos (IPCC, 2021).

As geleiras de montanhas extrapolares e polares vão continuar derretendo por décadas ou séculos. A perda contínua de gelo ao longo do século 21 é virtualmente certa para o manto de gelo da Groenlândia e provavelmente para o manto de gelo da Antártica. Há grande confiança de que a perda de gelo do manto de gelo da Groenlândia aumentará com as emissões cumulativas de gases de efeito estufa (GEE). A perda de carbono do permafrost após o degelo do permafrost é irreversível em escalas de tempo centenárias. A elevação média global do nível do mar acima da faixa provável - aproximando-se de 2 m em 2100 e 5 m em 2150 em um cenário de emissões de GEE muito altas não pode ser descartada devido à profunda incerteza nos processos de manto de gelo (IPCC, 2021).

A Antártica tem um importante papel fundamental para o planeta, pois age como controladora da circulação oceânica e atmosférica (AQUINO, 2013; Simões et al., 2013)

No Brasil, ao longo dos últimos quase 40 anos, a presença na Antártica com a realização de pesquisas científicas foi considerada essencial pelo Estado brasileiro, para garantir seu status dentro do Sistema do Tratado Antártico. Atualmente, segundo o Plano de Ação do PROANTAR, que planeja de 2013 até 2022 (MCTIC, 2013), o programa está desenvolvendo cinco Programas de Investigação Científica, com enfoque nos processos que atingem a América do Sul e, especialmente, o território brasileiro:

1) As Interações gelo-atmosfera: o papel da criosfera no sistema ambiental e o registro de mudanças climáticas – explora o papel da Antártica no clima do Hemisfério Sul com ênfase no continente sul-americano e na evolução dos processos biogeoquímicos ao longo dos últimos 2000 anos.

2) Os efeitos das mudanças climáticas na biocomplexidade dos ecossistemas antárticos e suas conexões com a América do Sul – enfoca a origem e evolução da biodiversidade da Antártica, qual a sua distribuição e as relações entre os organismos e o ambiente, contribuindo para o entendimento das conexões biológicas entre a Antártica e América do Sul, e quais as consequências perante as influências antrópicas e as mudanças climáticas regionais e globais.

3) As mudanças e vulnerabilidade climática no Oceano Austral – investiga os processos físicos e biogeoquímicos associados às mudanças na circulação do Oceano Austral e sua interação com o gelo marinho e as plataformas de gelo que possam ter impacto no clima continental e oceano adjacente do Brasil.

4) O papel da Antártica na evolução e ruptura do Gondwana e na evolução do Atlântico Sul – une os estudos geológicos da Antártica com ações para entender os mecanismos que levaram à fragmentação do continente Gondwana e à abertura do Atlântico Sul. Trata-se de uma ação que tem como um de seus objetos de estudo a questão de recursos de óleo e gás no Atlântico Sul.

5) análise da dinâmica da alta atmosfera na Antártica, interações com o geoespaço e conexões com a América do Sul – averigua a dinâmica e química da alta atmosfera e o impacto da depleção do ozônio estratosférico no clima Antártico e ecossistemas associados. Serão considerados os efeitos da interação Sol–Terra e os impactos de fenômenos astrofísicos de alta energia.

Podemos perceber que as pesquisas do PROANTAR, na Antártica, auxiliarão a traçar diversos paralelos e estabelecer relações entre a Antártica e a América do Sul, além das tendências para quais mudanças climáticas afetarão o nosso país. Perceber essa importância dos estudos antárticos é essencial para que um indivíduo tenha consciência do papel da região no mundo e das mudanças climáticas e compreenda a dinâmica global atual (SOUZA, 2021).

A temática das Regiões Polares, ao ser abordada em sala de aula, contribui para que os alunos possam compreender o papel dessas regiões no Planeta, principalmente por encontrarmos, nelas, algumas das respostas as mudanças climáticas globais (SOUZA, 2021).

## 2.5 DESAFIOS DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E A SUA RELAÇÃO COM O ENSINO ESCOLAR

A divulgação da ciência na Educação Básica é uma alternativa para contribuir com a popularização da ciência, divulgando os benefícios e a importância das pesquisas científicas em todas as áreas do conhecimento, principalmente na área de ensino (SOUZA, 2021). A autora denota que o investimento na ciência e a sua popularização é um caminho para o conhecimento alcançarem os alunos com mais facilidade.

Silva e Kawamura (2001) destacam que, com maior ênfase, a possibilidade de discutir socialmente Ciência a partir da utilização do material de divulgação em sala de aula e levando em consideração que o impacto das informações veiculadas nos

meios de comunicação é muito forte. Os autores afirmam que essas informações não são questionadas sobre sua veracidade e influência causada no cotidiano social de cada indivíduo. Uma aula preparada com este tipo de material pode trazer ao debate em sala de aula essas notícias, sua veracidade e possíveis consequências se difundidas no meio social e escolar (SILVA e KAWAMURA, 2001).

Além disso, acrescentam Silva e Kawamura (2001) que de suma importância estimular a prática da leitura de materiais no ensino de Ciências e segundo Almeida & Ricon (1993) é relevante pensarmos na construção social e gradual do conhecimento e devemos enfatizar a importância de práticas que além de incorporarem o saber científico, pois contribuem para a formação de hábitos e atitudes nos educandos.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia envolveu a análise de duas imagens de satélite, a quantificação e a descrição dos dados obtidos. O método utilizado é considerado quali-quantitativo

A primeira parte desta etapa da pesquisa consistiu na análise de imagens de satélite. Nesta etapa, foram baixadas duas imagens PlanetScope no site <https://www.planet.com/>. As imagens são acessíveis devido a um projeto coordenado pela prof. Kátia Kellem da Rosa. As imagens foram adquiridas de sensores orbitais a bordo de nanossatélites (da constelação PlanetScope). O satélite usado é o CubeSat 3U, com dimensões de 10cm x 10cm x 30cm e pesando até 3kg. As imagens geradas pelo sensor têm resolução espacial de 3,7 - 4,1 m, que são redimensionadas para 3m e bandas espectrais RGB+NIR, ou seja, 3 bandas no espectro visível e uma no infravermelho próximo. Os dados gerados possuem nível de processamento 3B e correção atmosférica pelo modelo de transferência radiativa 6S.

Foram obtidas 2 cenas que correspondem uma data de obtenção (fevereiro de 2019) e 4 bandas multiespectrais são fornecidas para cada cena. Foi realizado um mosaico das 2 cenas. A composição de cores escolhida foi a RGB para as bandas 432 no ArcGISTM. Foram realizadas operações de realce e manipulação de histograma das imagens no ArcGIS TM para poder discriminar alvos nas áreas livres de gelo junto à frente das geleiras.

A interpretação das imagens foi realizada de acordo com a metodologia de Rosa et al. (2013) e Perondi (2017 e 2019) para a determinação da localização das cristas morânicas e da representação das margens da geleira em distintos momentos nas últimas décadas.

Foi realizado o mapeamento das flutuações de área da geleira e identificação visual das áreas de vegetação, assim como das feições geomorfológicas por interpretação visual e delimitação manual no ArcGISTM e no QGIS. O polígono da geleira de 2000 foi interpretado com base no polígono do GLIMS. O GLIMS realiza o monitoramento das geleiras da região. No ArcGISTM foi realizado o preenchimento do polígono. Foi medida a área e calculada a perda de área ao longo desde 1989. O dado de 1989 e de 2020 foi obtido do vetor disponibilizado por Lorenz (2021).

A representação da geleira em 2000 foi ilustrada em um mapa que compara a posição antiga da geleira com a posição atual (2020). Foi criado um mapa com a legenda norte geográfico e a escala para 2000 e 2021.

Por fim, foi produzido um material de divulgação científica para as séries finais do Ensino Fundamental na forma de infográfico. A ferramenta utilizada na criação do material visual foi o Software on line Canvas. Para o infográfico, foram utilizadas as informações obtidas nos resultados e na discussão dos resultados. Foram discutidas as dificuldades na produção de material de divulgação científica na temática abordada no Trabalho de Conclusão de Curso e as potencialidades deste.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 VARIAÇÕES DE ÁREA GLACIAL E AS ALTERAÇÕES NO AMBIENTE PROGLACIAL

Os dados de retração obtidos mostram que a geleira passou de 33,52 Km<sup>2</sup> em 1989 para 28,97 Km<sup>2</sup> em 2020.

A Tabela 1 mostra estes valores em Km<sup>2</sup>.

**Tabela 1 – Variação da área da Geleira**

<b>Anos</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>
1989	33,52
2020	28,97

Com os valores da área de cada ano, se pode obter valores de quanto a área diminuiu em cada intervalo de tempo. Relacionando a retração com o intervalo de anos, se tem uma retração média estimada, conforme a Tabela 2.

**Tabela 2- Retração anual média estimada**

Anos	1989 a 2020
Perda de área (km <sup>2</sup> )	<b>4,65</b>
Intervalo anos	32
Perda de área %	14%
Perda de área (km <sup>2</sup> ) por ano	0,14

Ao observar a imagem, verifica-se que esta geleira Ana Sul teve uma mudança acentuada da sua região frontal em apenas 2 décadas. Através do Software ArcGis™, foi obtido o mapa da geleira em diferentes datas (Figuras 3 e 4).

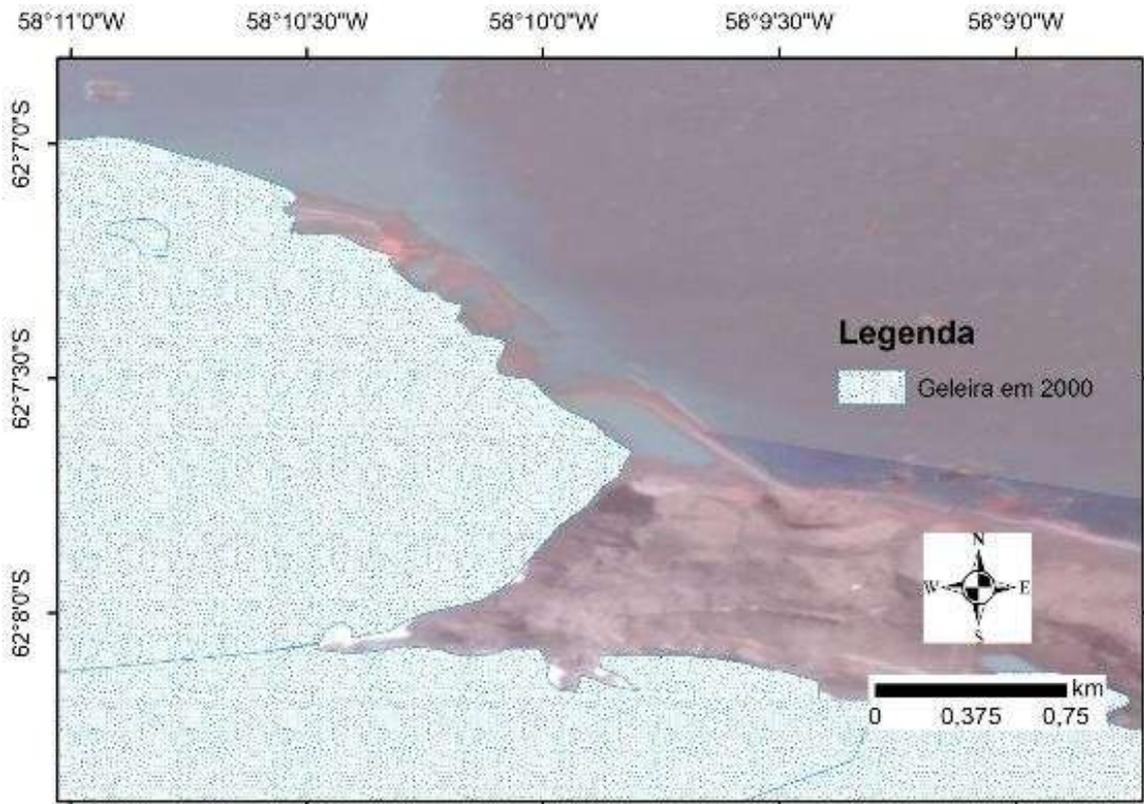


Figura 3 - posição da frente da geleira em 2000.

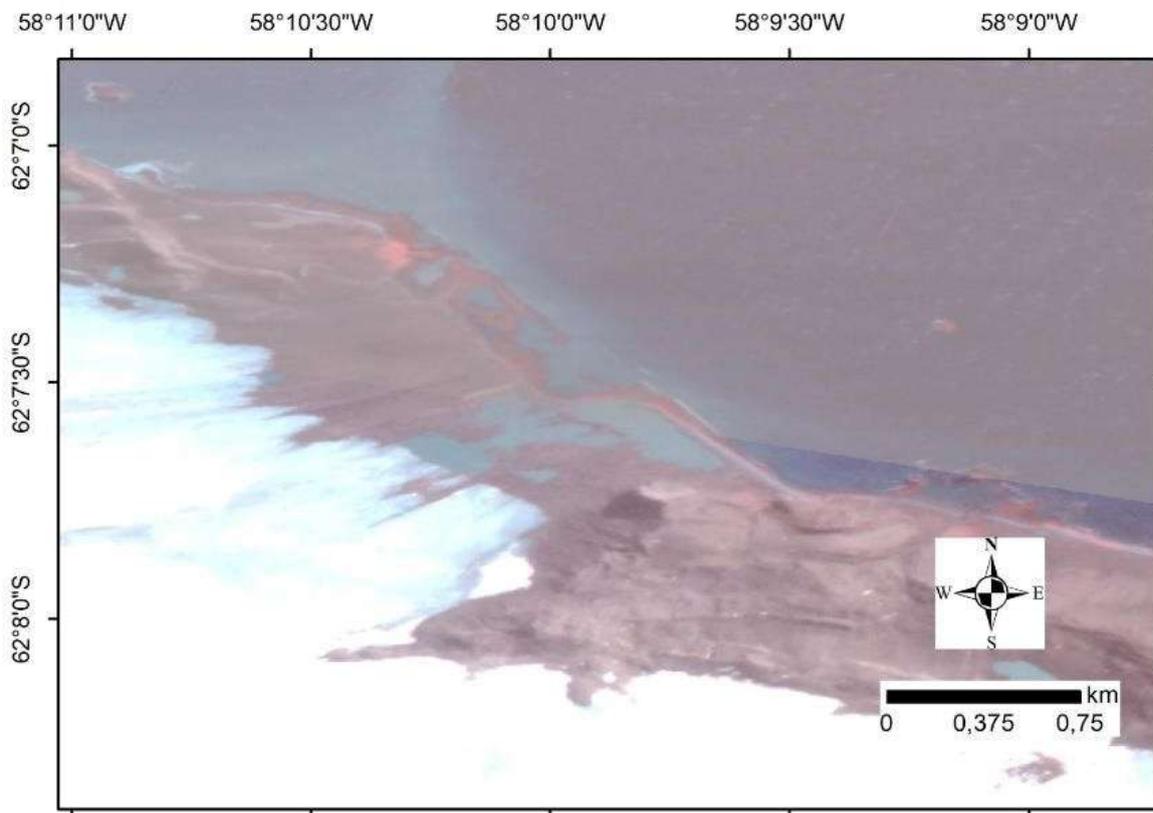


Figura 4 - Posição da frente da geleira atualmente. Em 2000 havia 2 lagunas e 3 lagos e atualmente existem 11 lagos.

Nas áreas com cobertura sedimentar, houveram mudanças na paisagem tais como a diminuição da cobertura de neve e gelo ao longo dos anos com a retração da geleira, a existência de novos canais, rios, lagos, áreas úmidas como alagadiços e novos ambientes para a colonização da biota local (musgos, líquens e espécies de aves). Com menos área com gelo e neve, há menor albedo e consequências para o balanço de energia da atmosfera da região. Os novos lagos se ampliam ao longo dos anos e contribuem para a produção de CO<sup>2</sup> e metano.

As áreas livres de gelo na Antártica podem expandir em até 25% até o ano de 2100 como resposta às mudanças climáticas e trazer alterações na biodiversidade do continente (LEE, RAYMOND, BRACEGIRDLE, 2017). De acordo com os autores, as novas áreas livres de gelo providenciam habitats para a colonização de espécies nativas.

Quando comparamos as duas imagens, verificamos a posição da frente da geleira em 2000 na primeira figura e a posição da frente da geleira atualmente. Em 2000 haviam 2 lagunas e 3 lagos e atualmente existem 11 lagos. As lagunas se diferenciam dos lagos por estarem conectados ao mar.

Com a retração de geleiras, em muitos locais da Antártica há exposição de novas áreas livres de gelo e o desenvolvimento de sistemas lacustres. A investigação por sensoriamento remoto e a expedição em campo revelam um aumento de 114% na área de lagos nas ilhas Rei George e Nelson desde 1988. O monitoramento envolveu 141 lagos e o uso de imagens multiespectrais de sensores a bordo dos satélites. As mudanças repercutem na maior estocagem de água e sedimentos, variação no albedo, alterações no fluxo de metano e carbono e na biota local. Atualmente, existem 3 lagos interligados que recebem água de degelo da geleira.

As morainas são formas de relevo que apareceram nestas novas áreas livres de gelo com a diminuição da área da geleira. As mudanças climáticas reportadas pelos pesquisadores são sem precedentes quando se observa os últimos 6500 anos, de acordo com o IPCC. Há cenários de aquecimento atmosférico para as próximas décadas. Diante das projeções, é relevante compreender como as geleiras estão se modificando e respondem aos processos que ocorrem na atmosfera e, no oceano. Algumas formas são bem antigas e mostram o detalhamento da posição antiga da margem da geleira. As morainas podem mostrar flutuações antes das últimas décadas, como as flutuações climáticas que ocorreram no Holoceno.

Quando comparada à geleira Viéville, as perdas por ano são mais que o dobro e em um período de análise menor. A geleira é marinha, localizada no lado oposto ao

campo de gelo Kraków, monitorada por 55 anos e a perda de área é 0,06 por ano. Os dados de retração obtidos mostram que a geleira passou de 23,49 Km<sup>2</sup> em 1956 para 19,01 km<sup>2</sup> em 2011.

O setor norte da geleira Ana é chamado Geleira Ana Central. Ela possui influência do mar e ela é uma geleira chamada de marinha. Este setor ao norte possui relevância de monitoramento devido a aparente retração frontal acentuada (Figuras 5 e 6). Lorenz encontrou uma perda de área de 28% para a Geleira Ana (Central) no mesmo período (de 1989-2020). A perda de área anual chega a 0,39 km<sup>2</sup> por ano.

Figura 5 - Setor norte da geleira Ana em 2000.

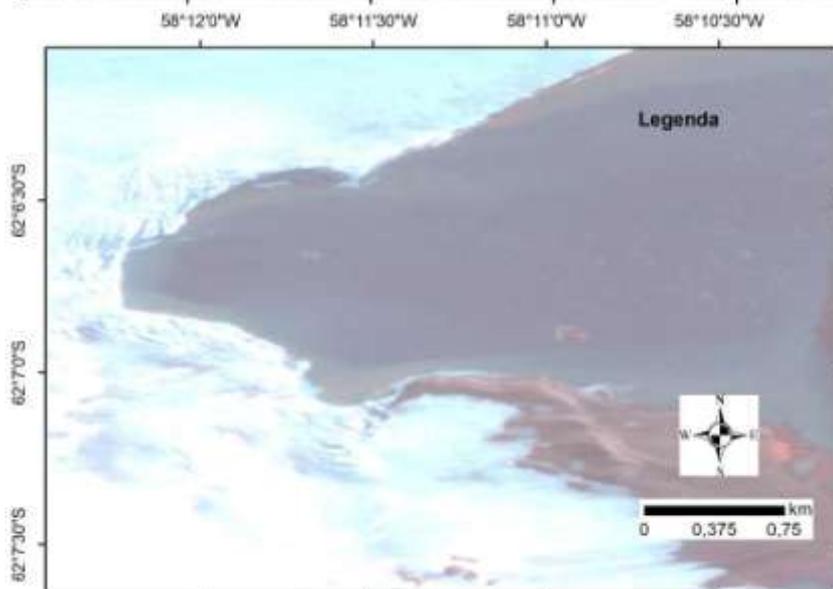
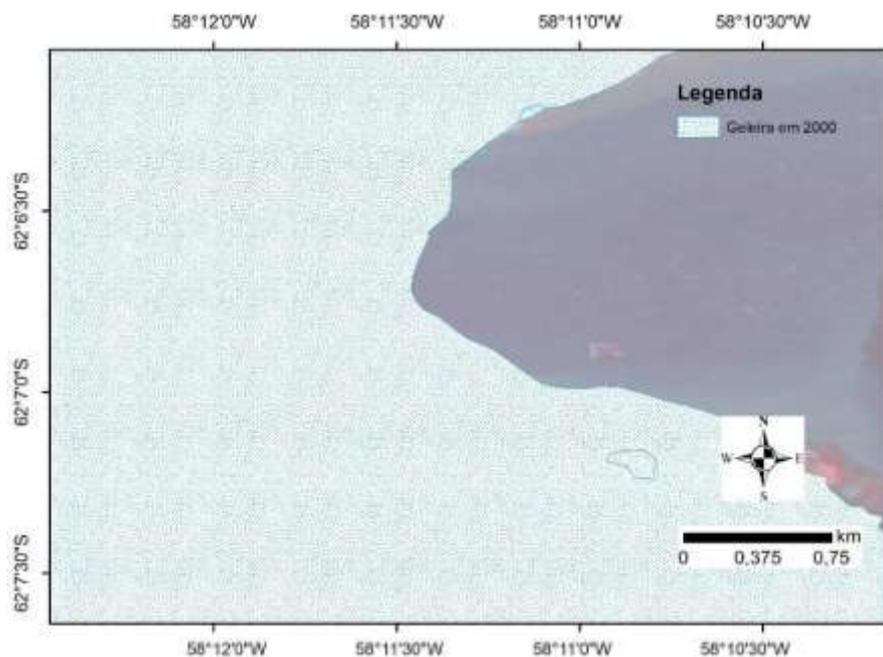


Figura 6 - Setor norte da geleira Ana em 2020.

Lorenz (2021) alerta para as recentes alterações (últimas décadas) e que estas são mais acentuadas quando a geleira possui a maior parte de sua frente marinha comparadas quando ela não possui mais influência direta do mar no grau de desprendimento de gelo.

Quando ocorre a retração (diminuição da área da geleira), este processo pode estar relacionado também com a perda de volume e massa de gelo da geleira, porém são necessárias análises com diferentes dados de sensores remotos ou em campo para determinar esta variação ao longo dos anos.

O aumento na descarga de água doce no ambiente glacimarinho deve ser investigado, pois este poderia causar mudanças no ecossistema local, na dinâmica glacial, na produção de sedimentos glaciais e no nível médio do mar. Quando há descarga de água doce e sedimentos para a baía, pode ocorrer um grande impacto no ambiente marinho costeiro e também no ecossistema terrestre (VOGT e BRAUN 2004).

As geleiras localizadas na região subpolar Antártica possuem influência da variação anual das temperaturas, as quais podem ser positivas em algumas épocas do ano, e as geleiras possuem a temperatura próxima do ponto de fusão. Esta é uma região chave para o monitoramento climático global.

O monitoramento nas últimas décadas evidencia a diminuição de área glacial nas últimas décadas nas ilhas Shetlands e ao norte da PA por outros autores (e.g. ARIGONY-NETO *et al.*, 2001; RÜCKAMP *et al.*, 2011; ROSA *et al.*, 2015a; ROSA *et al.*, 2015b; SIMÕES C. *et al.*, 2015; PETSCH, 2018; PUDEŁKO *et al.*, 2018; SZIŁO & BIAŁIK, 2018; PERONDI, ROSA & VIEIRA 2019; OLIVEIRA *et al.*, 2019 e PERONDI *et al.*, 2020; LORENZ, 2021). A perda de área de geleiras para o campo de gelo Krakow é apontada por OLIVEIRA *et al.* (2019). Os autores obtiveram uma perda de 17% de área (16,59 km<sup>2</sup> de perda em relação à área glacial de 98,56 km<sup>2</sup> em 1988) desde 1988 no campo de gelo Kraków. Este valor total para o período de estudo pode ser comparado ao de Cook *et al.* (2014) que encontraram o dobro de perda (46,25 km<sup>2</sup>) ao analisarem 860 geleiras na Península Antártica entre 1945 e 2010.

Há a tendência de aumento de temperatura atmosférica na região da PA entre 1948 e a primeira década do século XXI (VAUGHAN *et al.*, 2003; FERRON *et al.*, 2004; TURNER *et al.*; 2005a). Quanto às mudanças climáticas para esta região da PA também se verifica um aumento nos dias de precipitação líquida e de neve desde a década de 50 (TURNER *et al.*, 2005b), para o período do século 1979 - 2019 se

verifica também um aumento de dias com temperatura positiva, com registro de temperaturas altas inclusive para meses como: março, abril, outubro e novembro (TURNER et al., 2021).

#### 4.2 MATERIAIS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA: RELEVÂNCIA DO MATERIAL PRODUZIDO NO ENSINO ESCOLAR E DIFICULDADES DE SUA ELABORAÇÃO

Os infográficos 1 e 2 (Figura 7) foram produzidos com resultados de pesquisas obtidas no Laboratório de Geomorfologia e Sedimentologia Glacial, Centro Polar e Climático da UFRGS e mostram alguns exemplos de pesquisas relacionadas à temática que envolve o impacto das mudanças climáticas e a região Antártica. Parte-se de um contexto regional para um contexto local para exemplificar alguns processos e alterações ambientais visualizadas ao observar as últimas décadas a área por Sensoriamento Remoto.

O infográfico divulga o resultado desta pesquisa e é embasado em pesquisa científica com método e amplia as informações sobre as regiões polares. Com o infográfico gerado pretende-se, de forma textual e visual, informar sobre alguns pontos importantes das pesquisas desenvolvidas sobre os ambientes polares. O conteúdo foi organizado para propiciar ao leitor a percepção da trajetória da mudança e das relações entre as alterações já em andamento com as projeções de continuidade da tendência de aquecimento atmosférico na Antártica.

O tema do infográfico é relevante no ensino escolar. Souza (2021), observou em sua pesquisa com alunos do ensino básico, que a percepção da biodiversidade na Antártica pelos alunos distancia-se muito da realidade e que eles não têm conhecimento suficiente das características naturais daquele ambiente. Ainda, para a autora, a Antártica muitas vezes é esquecida ou pouco abordada nos livros didáticos que servem como apoio pedagógico para o ensino básico.

Este desencontro está associado, em parte, ao papel dos meios da internet como fonte de informação aparece ao encontrar vídeos sensacionalistas e com notícias falsas sobre a Antártica no Youtube alcançando muitas vezes mais de 1 milhão de visualizações (Souza, 2021). A questão climática também aparece associada a muitos destes vídeos (Souza, 2021).

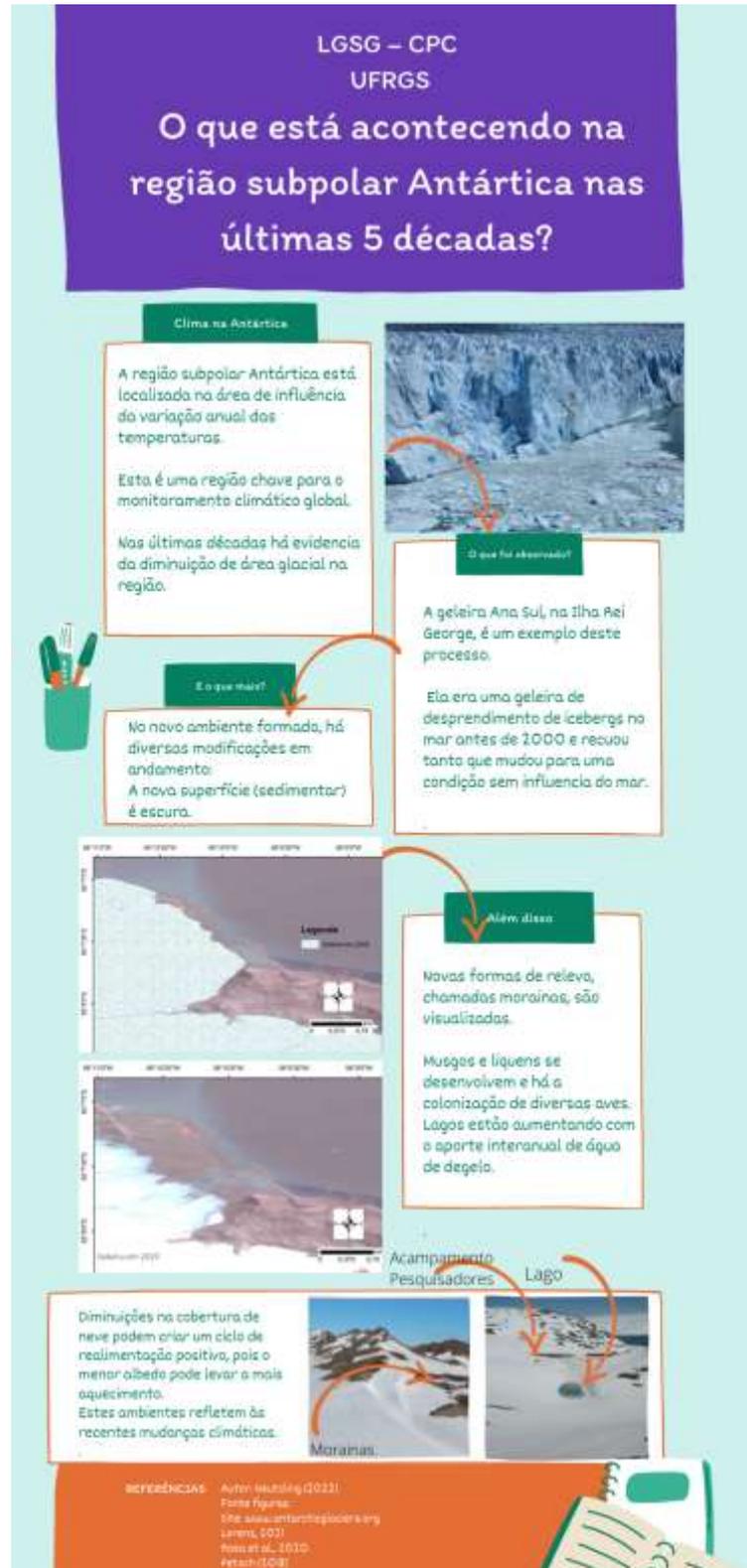


Figura 7 – Infográfico “o que está acontecendo na região subpolar Antártica nas últimas décadas?”.

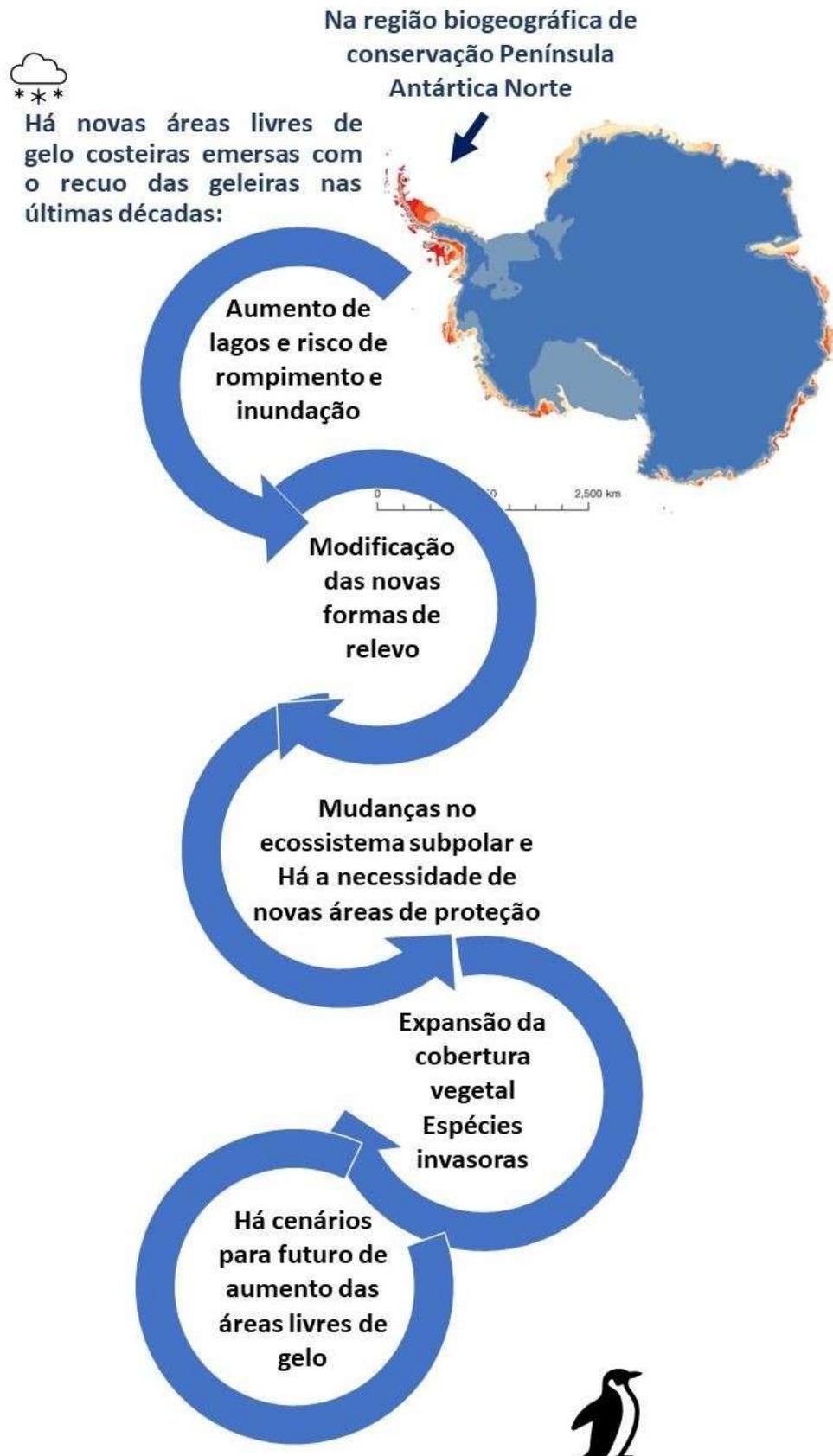


Figura 8 – Mudanças Climáticas e a região biogeográfica Península Antártica Norte.

Neste sentido, Petsch et al. (2017) ao avaliarem a percepção sobre a Antártica por 65 alunos do primeiro ano de ensino médio politécnico, da Escola Estadual de Educação Básica Presidente Roosevelt, localizada em Porto Alegre, RS, encontraram que há uma influência que a mídia exerce na percepção deles sobre o assunto. Os autores destacam a importância da Geografia das Regiões Polares nas escolas pois existe uma grande diferença entre a visão dos alunos e a realidade do Continente Antártico. Souza (2021), vai ao encontro dos autores em sua pesquisa com alunos de ensino fundamental, pois observa que o conhecimento deles é incipiente sobre a Antártica ou mesmo distorcidas as suas percepções sobre o assunto.

O infográfico pode ser abordado em sala de aula por diversas disciplinas. Zanin et al. (2015), ao afirmar sobre uma prática de ensino em ciências no ensino fundamental, mostra que o estudo sobre as regiões polares é um assunto que integra vários conteúdos e disciplinas e pode ser utilizado como temática de um projeto pedagógico interdisciplinar a ser desenvolvido na escola. Neste sentido, os autores propõem a utilização dos jogos como uma atividade anterior ou posterior à uma palestra ou exposição sobre as regiões polares, para que dessa forma os alunos possam assimilar e construir esse conhecimento de forma concisa e consciente. Os materiais de divulgação científica podem contribuir com a formulação destes jogos pelo professor ou mesmo fazer parte dos recursos utilizados na exposição.

O infográfico tem um sentido conceitual, assim como afirma Silva (2014), e pode contribuir com a disseminação do conhecimento científico nas aulas de Ciências e o desenvolvimento de habilidades nos educandos.

Ao verificar a BNCC (BRASIL, 2017), constata-se que há algumas habilidades que se correlacionam com o tema do infográfico e com o seu uso na elaboração de sequências didáticas para os anos finais do Ensino Fundamental. Entre as habilidades, podem ser citadas encontram-se as do 7º ano: a) (EF07CI11) analisar historicamente o uso da tecnologia, incluindo a digital, nas diferentes dimensões da vida humana, considerando indicadores ambientais e de qualidade de vida e habilidade; b) (EF07CI13) descrever o mecanismo natural do efeito estufa, seu papel fundamental para o desenvolvimento da vida na Terra, discutir as ações humanas responsáveis pelo o aumento artificial (queima de combustíveis fósseis, desmatamento, queimadas etc.) e selecionar e implementar propostas para a reversão ou controle desse quadro.

O material também pode ser usado em sequências didáticas no 8º ano e relacionar-se à habilidade: (EF08CI16) discutir iniciativas que contribuam para restabelecer o equilíbrio ambiental a partir da identificação de alterações climáticas regionais e globais provocadas pela intervenção humana.

Já no 9º ano, associa-se a possibilidade da utilização do material visando as seguintes habilidades; a) (EF09CI12) justificar a importância das unidades de conservação para a preservação da biodiversidade e do patrimônio nacional, considerando os diferentes tipos de unidades (parques, reservas e florestas nacionais), as populações humanas e as atividades a eles relacionados e habilidade; b) (EF09CI13) propor iniciativas individuais e coletivas para a solução de problemas ambientais da cidade ou da comunidade, com base na análise de ações de consumo consciente e de sustentabilidade bem-sucedidas.

Os infográficos podem atuar como um recurso didático em sala no sentido de instigar a curiosidade dos alunos para o que se pretende ensinar e divulgar. Em sala de aula, a diversificação de recursos didáticos pode melhorar o aproveitamento no processo de ensino aprendizagem (PONTUSCHKA *et al.*, 2009), ao contribuir com aulas diferenciadas (KENSKI, 2012; JESUS; SOUTO, 2016). O papel das tecnologias (TICs) se destaca como imprescindíveis no ambiente educacional para o desenvolvimento de conceitos e capacidades (AMARAL, 2013; JESUS & SOUTO, 2016).

Há ações possíveis para a divulgação do material. O infográfico criado pode ser divulgado nas mídias sociais. De acordo com Fagundes et al. (2021), o uso de redes sociais e do aplicativo *WhatsApp* é relevante para compartilhar informações. O autor destaca que as redes sociais online são usadas para que as pessoas se conectem aos seus círculos sociais e a líderes de opinião. No contexto dos materiais de divulgação científica, contribui-se com a diminuição da desinformação, ao ilustrar uma etapa de pesquisa científica recente dos pesquisadores envolvidos com a temática mudanças climáticas e ambientes glaciais.

Outro caminho é a ampliação da vinculação dos pesquisadores com o espaço escolar. Neste sentido, é relevante a vinculação dos pesquisadores de Centros de Pesquisa, Institutos de Pesquisas e Universidades e o ensino escolar através de projetos de extensão.

Uso destes materiais também pode ser focado na formação docente, visando tornar mais viável esta inserção. Souza (2021) afirma que é relevante a formação

docente com conhecimentos sobre as regiões polares e que a falta de inserção do tema mudanças climáticas e regiões polares na formação dos professores também pode ser considerada um dos desafios para a utilização de materiais e recursos educativos de divulgação de pesquisas no meio escolar.

Assim, o material de divulgação científica criado também pode ser usado em sequências didáticas no ensino superior em cursos como Licenciaturas em Ciências da Natureza. No entanto, de acordo com Lima et al. (2017), se por um lado a apropriação da divulgação científica pelo professor é o primeiro processo para o uso dessa ferramenta em sala de aula. Por outro lado, a compreensão é o processo que sustenta seu uso, que está orientado para promover a aprendizagem de conceitos, técnicas, habilidades e atitudes referentes à Cultura Científica.

O incentivo à produção e uso de materiais de divulgação científica é importante, mas não é um caminho fácil. Entre as dificuldades, está a etapa de criação do material. Por exemplo, na produção dos infográficos apresentados encontraram-se dificuldades no planejamento do material elaborado para que este seja de fácil entendimento para os alunos. As principais dificuldades são relacionadas a: geração de imagens adequadas, transformação da informação científica para uma linguagem apropriada ao público-alvo do material de divulgação científica e proposição de um material para que seja atrativo para os anos finais do Ensino Fundamental. A análise das normas da BNCC, o processo de averiguação e embasamento científico foram relevantes para a elaboração do material.

A continuidade da elaboração dos materiais de divulgação científica pode incluir etapas de revisão visando torná-los mais atrativos e interativos. Estas podem incluir a inserção de hiperlinks e a inclusão de tecnologias gráfico-digitais. Isso amplia as possibilidades de sua utilização no aperfeiçoamento dos professores e como material para ser explorado em sequências didáticas nas aulas de Ciências, Ensino Fundamental.

## 5 CONCLUSÃO

O uso de imagens de satélite orbitais de diversos anos auxilia na geração de dados geoespaciais, como vetores de área da geleira, e no entendimento das variações no padrão e estilo de retração da geleira quando a escala temporal envolve as últimas décadas. Mas as informações obtidas não alcançam detalhe temporal e um grande intervalo de tempo como séculos e milhares de anos. As feições de relevo encontradas possibilitam verificar, em futuros estudos, as variações no ambiente em uma escala maior de tempo.

Os dados de retração obtidos mostram que a geleira passou de 33,52 Km<sup>2</sup> em 1989 para 28,97 Km<sup>2</sup> em 2020. Estas mudanças (retração) podem expor ainda mais a geleira a novas alterações ambientais. Os dados indicam que a geleira era de descarga com sua parte frontal fluindo diretamente para o ambiente marinho em 1989 e passou a ter um ambiente proglacial (emerso) a partir de 2000. Assim, diversas alterações no ambiente são observadas desde 2000: a aparecimento de mais morainas no setor norte, lagos marginais ao gelo, canais de água de degelo e núcleos de vegetação nas áreas livres de gelo. Os lagos aumentaram em quantidade e em tamanho.

São propostos dois infográficos como materiais de divulgação científica para as aulas de Ciências no Ensino Básico. Os infográficos apresentam alguns dos resultados deste trabalho de pesquisa, traz consigo o resumo das informações para o público-alvo, que podem ser os docentes e alunos do ensino de ciências nos anos finais do ensino fundamental.

O material de divulgação científica, além de auxiliar didaticamente os docentes em sala de aula, também pode ser utilizado em redes sociais com a finalidade de difundir essas informações e ter um alcance ainda maior da ciência a diversos segmentos da sociedade. Assim, busca-se contribuir para a diminuição da desinformação sobre o tema e combater a difusão de informações sem bases científicas.

Trabalhos futuros podem envolver a avaliação do material produzido visando avaliar os potenciais e as limitações da utilização dos infográficos na divulgação científica e na conexão com o Ensino de Ciências escolar.

## REFERÊNCIAS

- AMARAL, J. O Ciberespaço: novos caminhos e aprendizagens na geração do homo zappiens. In: TEIXEIRA, A.C.; PEREIRA, A.M.O; TRENTIN, M.A.S. (ORGS). **Inclusão Digital tecnologias e metodologias**. UPF Editora, EDUFBA Salvador. 278 p. 2013.
- AQUINO, F. A. A Antártica e o clima no Rio Grande do Sul. In: NASTARI, A. (org.). *Antártica, 2048: mudanças climáticas e equilíbrio global*. São Paulo: Marina Books, 2013. p. 67-73.
- BAKTHIN, M. **Estética da Criação Verbal**. São Paulo: Martins Fontes, 1997.
- BENNETT M.R.; GLASSER, N.F. **Glacial Geology – Ice Sheets and Landforms**. England: John Wiley & Sons Ltd, 1996. 364 p.
- Brasil. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Brasília: Ministério da Educação. 2017, 600 p. disponível em:  
<<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/#fundamental/a-area-de-ciencias-da-natureza>> Acesso em: 07/02/2022
- CALLAI, H. C. O estudo do município ou a geografia nas séries iniciais. In: CASTROGIOVANNI, A. C. (org.). **Geografia em sala de aula: práticas e reflexões**. 3. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2010. p. 77–82.
- David J. A. Evans, Marek Ewertowski & Chris Orton (2017) Skaftafellsjökull, Iceland: glacial geomorphology recording glacier recession since the Little Ice Age, **Journal of Maps**, 13:2, 358-368, DOI: 10.1080/17445647.2017.1310676
- EICHEL, J.; CORENBLIT, D.; DIKAU, R. 2016. Conditions for feedbacks between geomorphic and vegetation dynamics on lateral moraine slopes: a biogeomorphic feedback window. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 41, p. 406-419.
- EICHEL, J.; DRAEBING, D.; MEYER, N. 2018. From active to stable: Paraglacial transition of Alpine lateral moraine slopes. **Land Degradation and Development**, v. 29, p. 4158–4172.
- EICHEL, J.; KRAUTBLATTER, M.; SCHMIDTLEIN, S., DIKAU, R. 2013. Biogeomorphic interactions in the Turtmann glacier forefield, Switzerland. **Geomorphology**, v. 201, p. 98–110.
- FAGUNDES, Vanessa Oliveira; MASSARANI, Luisa; CASTELFRANCHI, Yuri; MENDES, Ione Maria; CARVALHO, Vanessa Brasil de; MALCHER, Maria Ataíde; MIRANDA, Fernanda Chocron; LOPES, Suzana Cunha. Jovens e sua percepção

- sobre fake news na ciência. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. v. 16, n. 1, p. 1-17, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bgoeldi/a/>
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2021. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Cambridge University Press.
- JESUS, Adenilse Silva de; SOUTO; Daise Lago Pereira. Tendências de uso das tecnologias digitais no ensino de ciências. **Educação & Tecnologia**, v. 21, n. 1, p. 43-55, 2016.
- KLAAR, M. J.; KIDD, C.; MALONE, E.; BARTLETT, R.; PINAY, G.; CHAPIN, S.; MEWS, F. L. A **Antártica no Ensino de Geografia: uma breve leitura**. 2005. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005. 73
- MORATORI, P. B. **Por que utilizar jogos educativos no processo de ensino aprendizagem?** Trabalho de conclusão de disciplina (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.
- MILNER, A. 2015. Vegetation succession in deglaciated landscapes: implications for sediment and landscape stability. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 40, p. 1088–1100.
- KENSKI, Vani Moreira. **Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação**. 8. ed. Campinas: Papirus, 2012.
- LEE, J. R.; RAYMOND, B.; BRACERGIRDLE, D.; CHADES, I.; FULLER, R. A.; SHAW, J. D.; TERAUDS, A. 2017. Climate change drives expansion of Antarctic ice-free habitat. **Nature**, v. 547, p. 49–54.
- LIMA, GUILHERME DA SILVA; GIORDAN, MARCELO (2017) Propósitos da Divulgação Científica no Planejamento de Ensino. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, v. 19, p. 83 a 95, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/gN7tSz7fzR8nKvby65zQQ6v/?lang=pt> Acesso em: 05/01/2022
- LORENZ, J. L. **Variações de área das geleiras e o estado atual da linha de neve transitória dos campos de gelo da ilha Rei George, Antártica, usando sensores remotos orbitais**. Trabalho de conclusão de graduação. Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do sul. 2021. 90p.
- LÓPEZ-MARTÍNEZ, J.; SERRANO, E.; SCHMID, T.; MINK, S.; LINÉS, C. 2012. Periglacial processes and landforms in the South Shetland Islands (northern Antarctic Peninsula region). **Geomorphology**, v. 155–156, p. 62–79.

- MATTHEWS, J. A. 1999. Disturbance regimes and ecosystem response on recently deglaciated terrain. In: Walker, L. R. (Ed.), **Ecosystems of Disturbed Ground**. Ecosystems of the World. Elsevier, Amsterdam, p. 17-37.
- MATTHEWS, J. A. 1992. **The Ecology of Recently-deglaciated Terrain: A Geoecological Approach to Glacier Forelands**. Cambridge University Press, Cambridge.
- MCTIC, Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR), Ministério do Meio Ambiente (MMA), 2013. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/>. Acesso em: 11/11/2021
- MERCIER, D.; ÉTIENNE, S.; SELLIER, D.; ANDRÉ, M. 2009. Paraglacial gullying of sediment mantled slopes: a case study of Colletthøgda, Kongsfjorden area, West Spitsbergen (Svalbard). **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 34, p. 1772–1789.
- MICHEL, R. F. M.; SCHAEFER, C. E. G. R., LÓPEZ-MARTÍNEZ, J.; SIMAS, F. N. B.; HAUS, N. W.; SERRANO, E.; BOCKHEIM, J. G. 2014. Soils and landforms from Fildes Peninsula and Ardley Island, Maritime Antarctica. **Geomorphology**, v. 225, p. 76–86.
- MOREAU, M.; MERCIER, D.; LAFFLY, D.; ROUSSEL, E. 2008. Impacts of recent paraglacial dynamics on plant colonization: A case study on Midtre Lovénbreen foreland, Spitsbergen (79°N). **Geomorphology**, v. 95, p. 48-60.
- NETO, F. O. L.; DIAS, R. H. L. Mapas Mentais e a Construção de um Ensino de Geografia Significativo: algumas reflexões. **Revista Eletrônica Geoaraguaia**, v. 1, n. 1, p. 1–12, 2011.
- PEREIRA, Larissa Santos. **Ludicidade e tic: Caracterização da webquest como uma metodologia lúdica no ensino de ciências**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado em Educação em Ciências e Matemática da Universidade Federal de Goiás. 2014. 90p.
- PERONDI, C. **Análise da evolução do ambiente proglacial das geleiras Ecology, Sphinks, Baranowski, Tower e Windy, Ilha Rei George, Antártica**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do sul. 2018. 123p.
- PERONDI, C.; ROSA, K.K.; VIEIRA, R. Caracterização geomorfológica das áreas livres de gelo na margem leste do campo de gelo Warszawa, ilha Rei George, Antártica Marítima. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 20, n. 2. 2019.

- PETSCH, C.; SOTILLE, M. E.; COSTA, R. M.; ROSA, K. K.; SIMÕES, J. C. 2019c. Cambios climáticos y aumento de la vegetación en la Península Fildes, Antártica. **Investigaciones Geográficas**, v. 57, p. 18-31.
- PETSCH, C.; SOTILLE, M. E.; COSTA, R. M.; ROSA, K. K.; SIMÕES, J. C. 2021. Interações biogeomorfológicas na Península Fildes, Antártica. **Anais do Sinageo**. 2021.
- PETSCH, C. et al. De Malas Prontas para a Antártica. ParaOnde?!, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 180-192, 2019. PETSCH, C. et al. Entre frio, gelo e pinguins: o que mais têm na Antártica? Revista Geografia, **Ensino & Pesquisa**, v. 21, n. 1, p. 106-112, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/geografia/issue/view/1038/showToc>. Acesso em: 02 jan. 2018.
- PETSCH, C. et al. Sentindo os polos: experiências sensoriais para o aprendizado de Antártica e Ártico. In: PESSÔA, V. L. S.; RÜCKERT, A. A.; RAMIRES, J. C. L. (org.). **Pesquisa qualitativa: aplicações em geografia**. Porto Alegre: Imprensa Livre, 2017. E-Book. p. 232– 260.
- PETSCH, C. et al. Verdades e Fake News: uso da dinâmica de comunicação do Whatsapp no ensino de Regiões Polares para o Ensino Superior em Geografia. Revista Ensino de Geografia, Recife, v. 3, n. 2, p. 180-199, 2020.
- PONTUSCHKA, Nídia Nacib; PAGANELLI, Tomoko Iyda; CACETE, Núria Hanglei. Para ensinar e aprender Geografia. 3ª ed. – São Paulo: Cortez, 2009.
- ROSA, K.K.; PERONDI, C.; VEETIL, B.K.; AUGER, J.D.; SIMÕES, J.C. 2020. Contrasting responses of land-terminating glaciers to recent climate variations in King George Island, Antarctica. *Antarctic Science*, v. 32, n. 5, p. 398–407.
- LOIBL, D., F. LEHMKUHL, & J. GRIEBINGER. Reconstructing glacier retreat since the Little Ice Age in SE Tibet by glacier mapping and equilibrium line altitude calculation. Rosa, Kátia Kellem da; Souza Júnior, Enoil de; Vieira, Rosemary; Simões, Jefferson Cardia. The landforms and pattern of deglaciation of the Dragon glacier, King George Island, south Shetlands, Antarctica. **Revista de geografia**. v. 30, n. 2, 2013, p. 6-16.
- RAFFL, C., MALLAUN, M., MAYER, R., ERSCHBAMER, B. 2006. Vegetation succession pattern and diversity changes in a glacier valley, central Alps, Austria. **Arctic, Antarctic, and Alpine Research**, v. 38, p. 421–428.
- SALAZAR J. F. Perceptions and Opinions of Antarctic Values in Chile. In: LIGGETT, D.; HEMMINGS, A. D. Exploring Antarctic Values. Proceedings of the workshop Exploring Linkages between Environmental Management and Value Systems: The

Case of Antarctica. Gateway Antarctica Special Publication Series, Christchurch, n. 1301, p. 48–69, 2013.

SHABUDIN, A. F. A.; RAHIM, R. A.; FOO NG, T. Strengthening Scientific Literacy on Polar Regions Through Education, Outreach and Communication (EOC).

**International Journal of Environmental & Science Education**, v. 11, n. 12, p. 5498–5515, 2016.

SILVA, JOSÉ ALVES; KAWAMURA, MARIA REGINA DUBEUX. A Natureza da Luz: Uma atividade com textos de divulgação científica em sala de aula. **Caderno Brasileiro do Ensino de Física**, v. 18, n. 3, 2001.

SIMÕES, J. C. et al **Ciência Antártica para o Brasil: um plano de ação para o período 2013 – 2022**. Brasília, 2013. Disponível em:

<https://www.ufrgs.br/inctcriosfera/arquivos/PlanoAcaoCienciav1.10.pdf>.

SOUZA, J. O. **Antártica: percepção e caracterização dos alunos de ensino básico em Porto Alegre e Canoas**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2021. 73p.

VILES, H. A. 2003. Biogeomorphology. In: Goudie, A. (Ed.), **Encyclopedia of Geomorphology**. Routledge, London, p. 83–86.

Wardle, C. & Derakhshan, H. (2018). Thinking about ‘information disorder’: formats of misinformation, disinformation and mal-information. In C. Ireton & J. Posetti (Eds.), **Journalism, fake news and disinformation** Paris: Unesco.

ZANIN, A. C. et al. Jogos Polares: ferramentas lúdicas para o ensino de ciências integrado a outras disciplinas. In: EDUCERE, Congresso Nacional de Educação, 12, Curitiba, 2015. **Anais...** Curitiba: PUCPR, 2015. p. 1701–1709.