

FEIÇÕES MORFOLÓGICAS ASSOCIADAS AO AMBIENTE DE DEGLACIAÇÃO DA GELEIRA ECOLOGY, ILHA REI GEORGE, ANTÁRTICA

Rosemary Vieira

Núcleo de Pesquisas Antárticas e Climáticas Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil
rosemary.vieira@ufrgs.br

Maíra Suertegaray Rossato

Núcleo de Pesquisas Antárticas e Climáticas Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil
msuerte@terra.com.br

Francisco Eliseu Aquino

Núcleo de Pesquisas Antárticas e Climáticas Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Jefferson Cardia Simões

Núcleo de Pesquisas Antárticas e Climáticas Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Resumo

A Geleira Ecology, localizada no litoral oeste da baía do Almirantado, Ilha Rei George, Ilhas Shetland do Sul, retrocedeu 400 m, aproximadamente, desde os anos 70, gerando uma complexa mescla de ambientes subglacial, glaciofluvial, morânico e glaciomarinho. Observações na área deglaciada dos modernos processos deposicionais e a distribuição de depósitos e geoformas são apresentadas no presente trabalho. A área deglaciada exhibe depósitos remobilizados e não consolidados, clastos estriados e materiais redepositados em uma variedade de geoformas glaciais e proglaciais, as quais são suscetíveis ao trabalho paraglacial por meio de processos não glaciais que ocorrem às margens e junto à frente da geleira. Foram identificadas quatro zonas geomórficas: cordões morânicos, zona subglacial, zona glaciofluvial e zona de influência marinha. Depósitos subglaciais formados junto à zona frontal da geleira Ecology podem ser transformados tanto por processos terrestres como por processos glaciomarinhos.

Palavras-chaves: Retração glacial; Geoformas proglaciais; Geleira Ecology; Ilha Rei George; Antártica.

Abstract

Ecology Glacier, located at the western shore of Admiralty Bay, King George Island, South Shetlands Island has retreated approximately 400 m since 1970s, generating a complex of intermixed subglacial, glaciofluvial, morainic and glaciomarine environments. Observations on the deglaciation area, of the modern depositional processes and the distribution of deposits and landform are reported in the present work. The deglacial area shows remobilized and unconsolidated deposits, striated boulder pavements and redepositional entrained material in a variety of glacial and proglacial landforms, which are susceptible to paraglacial reworking by non-glacial processes occurring around and within the margin of the glacier. Four geomorphic zones were identified: morainic ridges, subglacial, glaciofluvial and marine influenced zones. Subglacial deposits formed near the frontal zone of Ecology Glacier may be transformed by both terrestrial and glaciomarine processes.

Key words: Glacier retreat; Proglacial landforms; Ecology Glacier; King George Island; Antarctica.

Introdução

Este trabalho reporta os resultados preliminares dos trabalhos efetuados durante as atividades de campo do Proantar, na ilha Rei George, Antártica, em 2003/2004. O objetivo foi

estudar o ambiente proglacial da geleira Ecology, identificando a gênese das principais geoformas e processos através de análise geomorfológica e sedimentológica. Um dos principais produtos deste trabalho é um esquema geomorfológico da área proglacial com as principais geoformas.

A Ilha Rei George, Ilhas Shetland do Sul, localiza-se em uma zona tectonicamente ativa, que esteve sujeita a múltiplas glaciações e a muitos movimentos glacio-isostáticos desde o começo do Oligoceno (BIRKENMAJER, 1991; INGÓFSSON et al., 1992). Como resultado de muitos episódios transgressivos, regressivos e de estabilidade, com seus correspondentes depósitos marinhos e glaciais, a ilha desenvolveu feições morfológicas bastante complexas (MARTINEZ-MACHIAVELLO et al., 1996). A retração da geleira expôs a paisagem que é suscetível a rápidas modificações.

1. Paisagem glacial

Aproximadamente um quarto da costa da baía do Almirantado é circundado por diversas geleiras de marés das calotas de gelo ou de pequenas geleiras de vales (DOMACK e ISHMAN, 1993). Na estação Arctowisk, a temperatura média mensal varia entre 2,2 °C em Janeiro e -7,1 °C em Julho (Martianov e Rakusa-Suszczewski, 1989); a média mensal da temperatura do ar durante o verão alcança valores acima de 0 °C (DOMACK e ISHMAN, 1993; BRAUN, 2001). Embora na ilha Rei George o derretimento possa ocorrer durante todo o ano a duração do principal período de ablação (a 100 m de elevação) é de, aproximadamente, 2,5 meses. Uma estimativa bruta do total de ablação é de 1,5-2,0 m de equivalente de água (BINTANJA, 1992).

A geleira Ecology está situada ao sul da estação polonesa de Arctowski, na costa ocidental da baía do Almirantado. Esta é uma das muitas geleiras de descarga do campo de gelo Warszawa, que faz parte da calota principal da ilha rei George (BINTANJA, 1992) (figura 1), e sua margem frontal tem um significativo componente terrestre em um ambiente marinho. Por isso, a maior parte de suas paredes de gelo está aterrada acima do nível do mar. A parte frontal da geleira tem 700 m de largura e termina em uma parede vertical de aproximadamente 20 m, que desprende sobre a laguna Ecology. A área de ablação apresenta grande quantidade de fendas e fluxos de água de fusão que escavam a superfície do gelo durante a ausência da cobertura de neve. Existe pouca cobertura de detritos sobre a superfície, com exceção da zona de **gelo morto** (ou estagnado), situada no flanco norte da geleira (figura 2).

A geleira Ecology está inserida em um conjunto de rochas do chamado "Warsawa Block", o qual consiste em sedimentos vulcânicos não dobrados e geralmente não metamorfoseados (TOKARSKI, 1987).

A geleira está retrocedendo durante os últimos 45 anos (BIRKENMAJER, 2002), e, como resultado, uma laguna se desenvolveu em frente à geleira, que se comunica diretamente com a baía do Almirantado de acordo com a variação das marés. A zona livre de gelo expõe depósitos de origem subglacial, tais como **esker**, **flutes**, além de formas erosivas e sucessivos cordões morânicos (BIRKENMAJER, 2002) (figura 3).

2. História glacial

Na Ilha Rei George, Birkenmajer (1997) denominou a glaciação do Pleistoceno Superior e Holoceno Inferior de Glaciação Warszawa. A calota de gelo teve sua extensão máxima entre, aproximadamente, 20.000-18.000 anos A.P. (BIRKENMAJER, 1981). A deglaciação ocorreu entre 9.000-5.000 A.P., baseado em datações de sedimentos lacustres (MAUSBACHER et al., 1989). Um breve e novo avanço glacial culminou por volta ou logo depois de 5.000 A.P., seguido pelo optimum climático do Holoceno, entre 4.000 a 3.000 A.P. (HJORT et al., 1998). Baseado em interpretações paleoclimáticas, Yoon et al. (2000) sugerem um clima mais úmido e mais quente nas ilhas Shetlands do Sul entre 4.000-2.700 A.P.

Retrocessos recentes das geleiras foram estudados por Simões et al. (1999), os quais atestam que a parte frontal de 45 geleiras de descarga da ilha rei George retrocedeu centenas de metros a um quilômetro durante o período 1956-1995. A geleira Ecology, cuja área é de 6,3 km², retrocedeu 0,37 km² no período 1956-1992/95, perdendo uma área superior a 0,17 km² de 1979 a 1998 (BRAUN, 2001).

3. Métodos

A bacia da geleira Ecology foi delimitada e suas feições morfológicas mais importantes foram identificadas por meio de fotointerpretação, utilizando-se um mosaico de fotos aéreas coloridas (de escala aproximada de 1:4.000) obtidas durante OPERANTAR XXI (Operação Antártica Brasileira) – Verão 2002/2003 pela Universidade Federal de Viçosa (cortesia de Carlos Schaefer), e fotos aéreas de escala 1:50.000, do Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (ano 2002), seguido de um mapeamento da superfície da zona. As feições morfológicas observadas em fotos aéreas foram identificadas e georreferenciadas, usando um GPS portátil com uma margem de erro de aproximadamente 10 m durante a OPERANTAR XXII – Verão 2003/2004. Este estudo foi complementado pela análise de mapas topográficos de escala 1:12.500 preparados durante a XXV Expedição Polar Polonesa – Estação Arctowski – 2000-2001 (POLISH ACADEMY OF SCIENCES, 2002). Durante o trabalho de campo, foi empregada a análise da forma, arredondamento e abundância ou não de estrias em, pelo menos, 30 clastos, para registrar as propriedades morfológicas dos sedimentos. Em cada ponto de controle georreferenciado amostras de sedimentos foram coletadas em potes de plástico.

4. Resultados

Com base nas características geomórficas e sedimentológicas da zona proglacial quatro subzonas com morfologias específicas foram identificadas: complexo

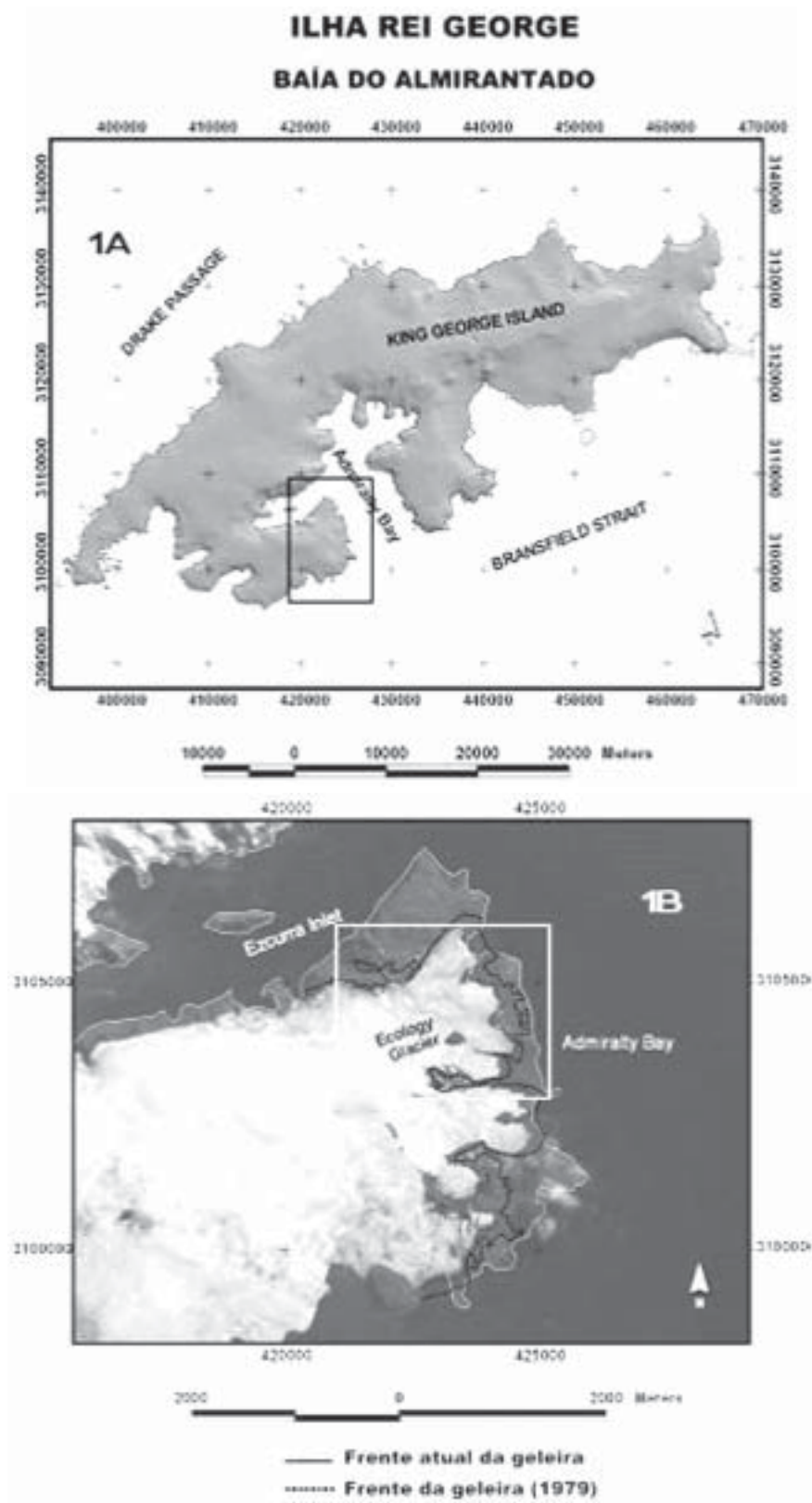


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo. Fonte: mosaico de imagens satelitais SPOT (Escala 1:100,000), produzido pelo *Institut für Physische Geographie, Universität Freiburg, Alemanha* e *Núcleo de Pesquisas Antárticas e Climáticas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil*. As linhas de retração da geleira estão baseadas no mapa elaborado pela *Polish Academy of Sciences (2002)*. O detalhe na Figura 1b delimita a área da Figura 2.

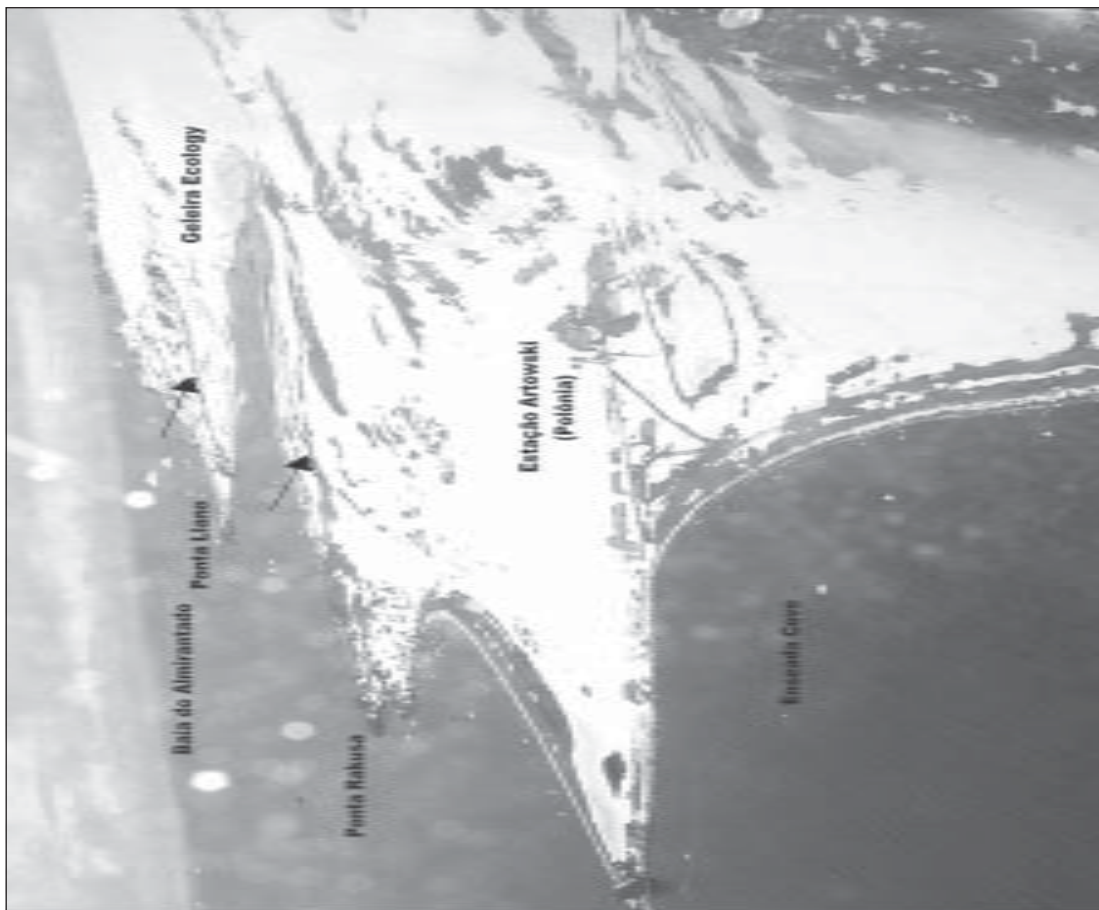


Figura 3: Vista aérea da área proglacial da geleira Ecology, desde o norte, onde se observa o cordão morfínico mais elevado e contínuo (flecha). A geleira Ecology está livremente conectada a baía do Almirantado nas condições de maré alta. Mesmo na maré baixa a laguna Ecology mantém contato com a baía por meio de um canal. A localização das Pontas Llano e Rakusa, que agem como pinning point (pontos de fixação) para a antiga condição de estabilidade da geleira (Foto: Lubomir Kovacik).

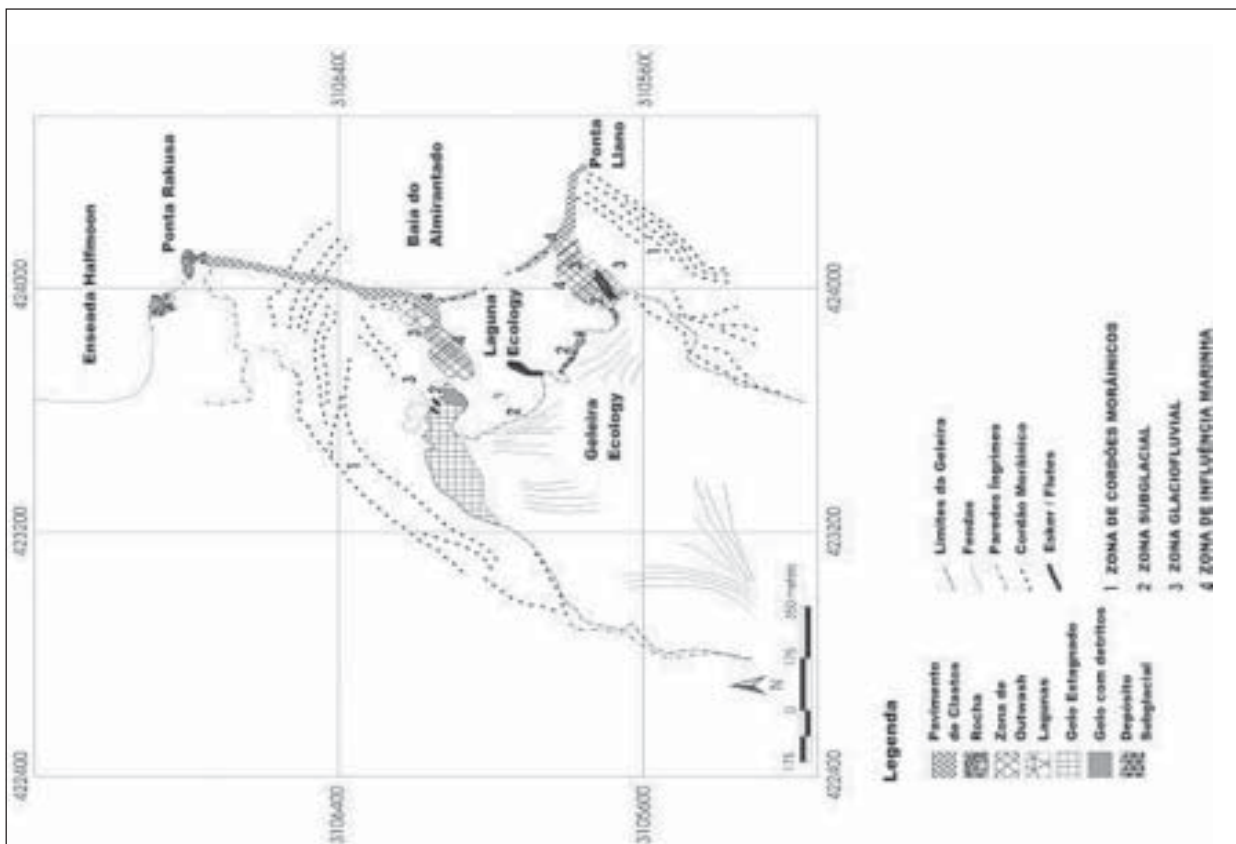


Figura 2: Feições morfológicas na área proglacial da geleira Ecology. O sistema de coordenadas é UTM.

morâinico, zonas subglacial, glaciofluvial e de influência marinha.

4.1 Complexo morainico

Um elevado e bem desenvolvido complexo de

morainas laterais e latero-frontais marcam os limites norte e sul da área proglacial (figuras 4, 5 e 6). O cordão norte mais externo se caracteriza por um arco contínuo de aproximadamente 1 km de extensão e, em alguns setores, possui mais de 30 m de altura em relação à superfície atual da geleira Ecology (figura 6). A altura



Figura 4: Área proglacial da geleira Ecology. A maré baixa permite a identificação de algumas feições e depósitos: 1) cordão morâinico sul; 1a) cordão morâinico norte; 2) complexo de cordões morâinicos; 3) esker (flutes) e depósitos subglaciais; 4) zona de influência marinha (zona de pavimentos de clastos); 5) moraina frontal (1979); 6) Ponta Llano (pinning point); 7) Laguna Ecology.v



Figura 5: Área proglacial da geleira Ecology vista do cordão morâinico sul. Não existe uma delimitação especial entre as zonas subglacial, glaciofluvial e a zona marinha na orla da laguna Ecology: A linha segmentada indica o cordão morâinico norte. O detalhe A mostra o setor junto à parede da geleira, em maré baixa, onde podem ser observados depósitos subglaciais (lodgement till). Nesse setor os sedimentos finos dificilmente se acumulam devido à ação das correntes de maré.

dos cordões morainicos diminui em direção à linha de costa e partes da moraina são transformadas por processos glaciais e marinhos (figura 6). O arco mais externo foi provavelmente formado pelo limite máxi-

Na parte central dos cordões morânicos, fluxos de água de fusão geram um padrão de drenagem e isolam pequenos lagos. Clastos arredondados nos cordões internos podem ser resultado de modifica-



Figura 6: Cordão morânicos norte que indica o antigo nível mais elevado da geleira Ecology. A linha negra demarca a crista da moraina, cuja extensão é de aproximadamente 1 km entre os pontos A e B.

mo da geleira Ecology durante o Holoceno. Atualmente, seus limites frontais estão no ambiente submarino da baía do Almirantado (figura 1 e figura 3). O arco morainico é extremamente rochoso com blocos angulares e de grande porte ao longo de toda a sua extensão, mais freqüentemente em sua parte superior. Seções ao longo dos depósitos morainicos mostram coberturas de detritos não selecionados (figura 6). Clastos angulosos e muito angulosos predominam, o que indica uma origem supraglacial, no entanto, podem indicar também transporte **englacial**.

Cordões morânicos internos são mais facilmente identificados no setor norte que no sul. Nesses cordões internos semicontínuos as porções de cascalho são dominadas por clastos de tamanho de blocos (médios e grandes) de diferentes litologias, que variam de subangular a subarredondados (figura 4 e figura 5). Não existe uma orientação preferencialmente paralela ao fluxo do gelo. Clastos estriados também não seguem a orientação do fluxo de gelo, somente os blocos maiores têm estrias. Entre os cordões morânicos rochas estriadas pelo gelo – roches moutonnées – estão expostas e cobertas por clastos subarredondados de tamanhos variados, que podem ser considerados como lodgement tills (figura 7).



Figura 7: Formas erosionais na zona paraglacial da geleira Ecology. Estrias nos blocos indicam a direção do fluxo da geleira, da direita para a esquerda. As estrias e os clastos de vários tamanhos sobre a superfície da rocha mostram a passagem e a descarga de material da geleira sobre a rocha. Figura 7: Formas erosionais na zona paraglacial da geleira Ecology. Estrias nos blocos indicam a direção do fluxo da geleira, da direita para a esquerda. As estrias e os clastos de vários tamanhos sobre a superfície da rocha mostram a passagem e a descarga de material da geleira sobre a rocha.

ções pós-deposicionais, tais como fluxos de água de fusão dos cordões próximos mais elevados e dos pro-

cessos de vertentes (figura 8).



Figura 8: Vista da zona glaciofluvial, desde o cordão morânico sul, alimentada pela neve e pela fusão do gelo (Foto: Leandro Bernsmuller). Observam-se, com o afastamento da frente da geleira, áreas com atividade biológica com superfícies cobertas por líquens. A atividade biológica marinha é representada pela presença de algas na orla da laguna Ecology. Figura 8: Vista da zona glaciofluvial, desde o cordão morânico sul, alimentada pela neve e pela fusão do gelo (Foto: Leandro Bernsmuller). Observam-se, com o afastamento da frente da geleira, áreas com atividade biológica com superfícies cobertas por líquens. A atividade biológica marinha é representada pela presença de algas na orla da laguna Ecology.

4.2 Zona subglacial

Nesta zona, próxima à parte frontal da geleira, predomina uma espessa camada basal de material siltico e arenoso (figura 4 e 5 e figura 10). Os clastos – a maioria deles com estrias – variam em tamanho desde grânulos a seixos e cascalhos (figura 5,A). No flanco sul, em frente à geleira, são encontradas linhas transversais de cascalhos. Elevações sedimentares arredondadas, interpretadas como (flutes), são instáveis devido ao material fino e estão dispostas transversalmente e paralelas ao fluxo do gelo. Nos setores norte e central da frente da geleira, tais formas fazem parte do corpo de gelo, embora sejam encontrados também como depocentros dentro da laguna Ecology, já sob influência marinha (figura 11). Os clastos maiores estão distribuídos na base desses depocentros, e a maioria se encontra entre subangulares e subarredondados (figuras 4 e 11).

4.3 Zona glaciofluvial

A zona ativa glaciofluvial corresponde a uma zona de sedimentos lavados (figuras 8 e 12) e um conjunto de canais que podem ser alterados repentinamente, tanto em escala espacial como temporal. Algumas pequenas lagunas, alimentadas por canais de água de fusão, ocorrem nas depressões entre os

cordões morânicos. Os clastos estão inseridos em areia a cascalho e são arredondados devido à atividade glaciofluvial. São também observadas linhas de seixos transversais à frente da geleira. Esta zona é influenciada por variações de marés, e sinais de atividades biológicas estão presentes na superfície.

4.4 Zona de influência marinha

Embora seja denominada de laguna Ecology esta zona é normalmente dominada por processos marinhos e, sob as condições de maré alta, (growlers) e (bergy bits) que se deslocam pela baía do Almirantado, podem alcançar livremente o interior da laguna. Por outro lado, blocos de gelos desprendidos da parede frontal da geleira, além de plumas de sedimentos, podem ser transportados facilmente para a baía do Almirantado (figuras 13 e 14). A configuração da costa e a sedimentologia da laguna Ecology refletem o transporte de sedimentos de origem glacial e o retrabalhamento posterior das correntes de marés e das ondas (figura 15).

As zonas intermarés norte e sul da laguna Ecology possuem elevada concentração de seixos estriados (boulder pavements), com superfícies semiplanas e estriadas. Alguns boulder pavements formam pequenas



Figura 9: Pequenos cordões morânicos na orla sul da laguna Ecology.



Figura 10: Frente da geleira, onde são observadas as zonas de influência subglacial e de influência marinha.

elevações orientadas perpendicularmente à linha da costa, além de superfícies aplainadas ou ainda elevações que se estendem ao longo da praia. Superfícies de seixos aplainados são encontradas principalmente na orla da laguna Ecology, onde os clastos são bem desenvolvidos, mostrando formas arredondadas e superfície superior plana (figura 16). Superfícies arredondadas junto à praia, com micro relevo de 1 m, também são formadas por clastos arredondados. Não existem sedimentos finos nessas feições e os clastos maiores atuam como barreira contra as

ondas e correntes. Esta barreira pode explicar a acumulação de sedimentos de granulação fina e clastos de menor tamanho nas zonas posteriores dessas formas (figura 17). A litologia dos clastos é principalmente vulcânica e granítica.

A parte frontal do cordão morânico subaéreo mais externo foi sendo parcialmente destruído pelas ondas e marés e constitui uma feição tipo-barreira. Esta é exposta às condições subaéreas de acordo com a variação das marés e origina um ambiente distinto de embaiamento no lado poste-

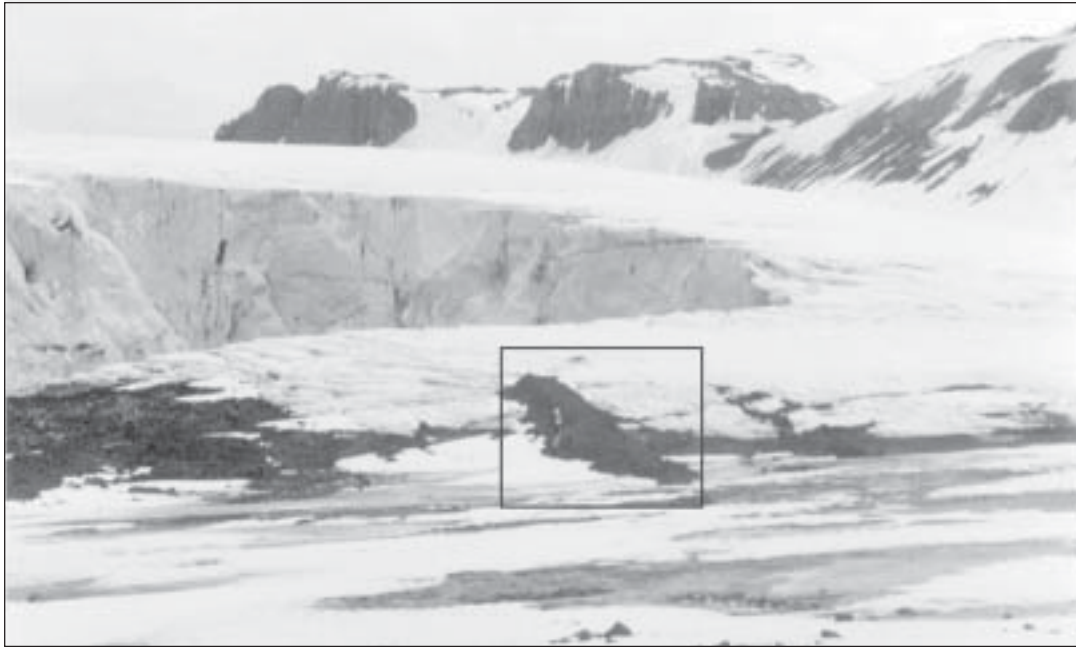


Figura 11: Lodgement till (na area marcada pelo retângulo) depositado pela lenta fusão do gelo sobre partes estagnadas da geleira, que retêm algo da estrutura dos detritos englaciado do qual é derivado (Boulton e Deynoux, 1981). Essas estreitas feições estão alinhadas paralelamente à direção do fluxo do gelo, e pode ser considerado como esker, que é indicativo da presença de gelo de base termal úmida.



Figura 12: Parte da orla norte vista do cordão morainico. Esta zona apresenta atividade glaciofluvial e fluxo de canais de fusão. Pequenas piscinas são encontradas no terreno.

rior. Um cordão de seixos grandes forma um tipo de barricada de seixos ou boulder pavements no lado externo do arco morainico que está sujeito aos processos marinhos (figura 17).

5. Discussão

5.1 Área deglaciada

De acordo com o mapa da Área de Interesse Científico

Especial N 8 (Site of Special Scientific Interest N° 8 – POLISH ACADEMY OF SCIENCES, 2002) e os pontos de controle de GPS tomados durante os trabalhos de campo, a geleira Ecology retrocedeu aproximadamente 400 m desde 1979. Estes processos originaram diferentes formas deposicionais e erosivas que foram identificados neste trabalho. Trabalhos futuros mostrarão, em detalhes, os resultados das análises dos sedimentos em laboratório.

A área deglaciada mostra depósitos remobilizados e

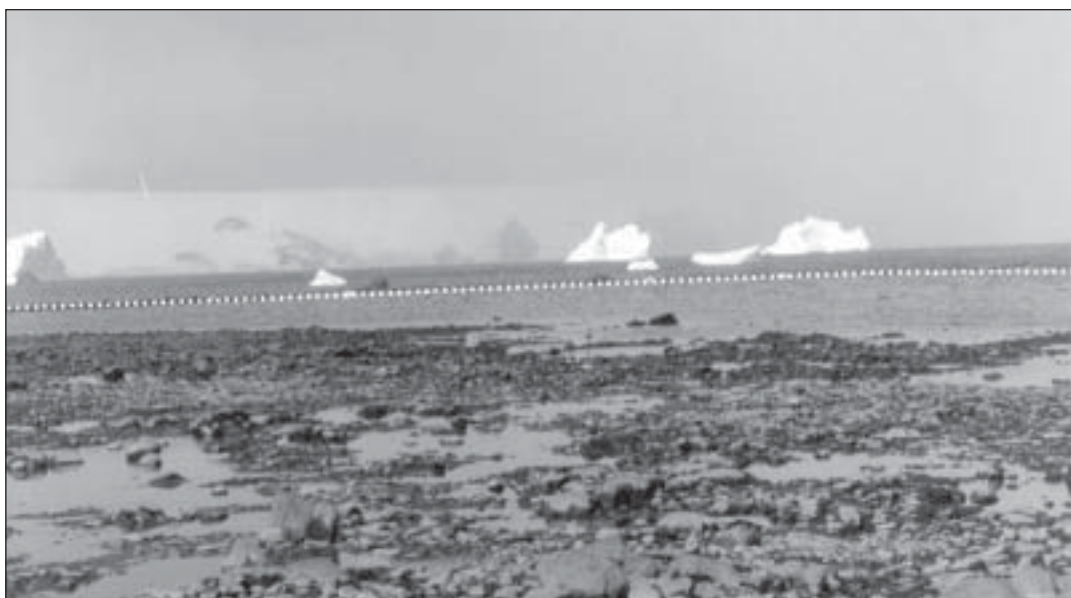


Figura 13: Zona de influência marinha da laguna Ecology, em contato com a baía do Almirantado. O cordão morainico mais externo (linha branca) é freqüentemente coberto devido à ação das marés e das correntes.



Figura 14: *Growlers* na orla da laguna Ecology, onde também são observados pavimentos de clastos.

inconsolidados, blocos estriados e o input de material em um espectro amplo de formas glaciais e proglaciais, que são suscetíveis ao retrabalhamento em ambiente proglacial (eg. BALLANTYNE, 2002) por processos não-glaciais, tais como as ações marinhas e as atividades de vertentes.

Dentro das quatro zonas identificadas na área proglacial da geleira Ecology dois ambientes mais proeminentes são propostos: um ambiente subglacial, onde os processos glaciogênicos basais (de lodgement) são dominantes, e um aquático, onde predominam os processos de fluxo. Os dois ambientes podem coexistir na zona da linha de encalhe (grounding line) onde o gelo terrestre se lança sobre o ambiente marinho (figuras 4 e 5).

5.2 Origem e alteração dos depocentros subglaciais

Devido à grande variedade do ambiente subglacial, o till é provavelmente o depósito sedimentar mais complexo. Mesmo assim, o till primário contém evidências dos principais processos que envolvem a sua formação, eg. blocos alongados, estriados em sua parte superior, facetados no sentido à jusante e aplainados no sentido montante da geleira, como o observado na figura ??? (LIAN et al., 2003; BENN e EVANS, 1998). Esse, por sua vez, pode ser usado para inferir o regime térmico basal da geleira (BENNETT e GLASSER, 1996).

Os depósitos da geleira Ecology contém detritos de origem subglacial (clastos estriados e alongados próximos à sua área



Figura 15: Foto detalhada de pavimento de clastos na orla norte da laguna Ecology (Fig. 14). Clastos sobre a superfície estão livres de algas e outros organismos devido a freqüente abrasão dos growlers e bergy bits. Presença de pequena cavidade formada (*scour pit - flecha*) formada pelo contato dos growlers.



Figura 16: Canal de contato entre a baía do Almirantado (esquerda) e laguna Ecology (direita) durante a maré baixa. Aqui, os clastos são predominantemente arredondados.

frontal) e poderiam indicar a presença de lodgement till. Tais clastos estão orientados de acordo com a direção do fluxo de gelo e a presença deles indica a ação de uma geleira do tipo temperado, cuja base está no ponto de fusão. No entanto, as camadas espessas de detritos subglaciais apontam também para eventos sucessivos de fusão e de congelamento, que estariam também relacionados à deposição por meio de uma geleira de regime térmico misto (BENNETT e GLASSER, 1996).

Esse ambiente proglacial, portanto, é essencialmente dinâmico, tanto que a topografia subglacial apresenta diferentes superfícies de acumulação. Processos de fusão da gelei-

ra e de suas áreas de entorno aumentam a complexidade do ambiente, pois alteram a topografia subglacial e redistribuem o material modificado sobre a superfície.

5.3 Origem dos pavimentos de clastos e processos de erosão

As acumulações de clastos descritas neste trabalho são freqüentemente atribuídas à descarga seletiva de clastos anterior à ação erosiva e superficial do gelo quando este se desloca sobre o material depositado (DREIMANIS, 1976).

Pavimentos de clastos de intermarés são verificados na



Figura 17: Vista da moraina frontal, que separa a laguna Ecology do cordão de praia de clastos.

costa sub-Ártica, sub-Antártica e no golfo do Alasca, onde a formação desses pavimentos ocorre em superfícies de influência marinha abrasada por growlers e bergy bits ou pelo gelo marinho estacional (HANSOM, 1983, 1986; EYLES, 1994). Na baía do Almirantado a ação constante de ondas e marés, ao lado do efeito basal do gelo marinho e dos bergy bits produziram superfícies superiores aplainadas e estriadas.

Eyles (1994) desenvolveu um modelo de formação de pavimento de clastos em ambientes de influência marinha no qual descreve dois processos: (1) formação de superfícies modernas de pavimentos como resultado da erosão das ondas e das marés, e a abrasão pela base de icebergs; (2) formação de superfícies antigas de pavimento desenvolvidas pela abrasão de geleiras em contato com a superfície. Esses dois modelos contrastantes podem explicar o desenvolvimento de uma linha de praia de pavimentos e de linhas transversais de pavimentos próximos à zona frontal da geleira Ecology, na zona subglacial.

A presença de pavimentos de clastos tem sido associada com antigas sucessões glaciogênicas e é utilizada como evidência de deposição subglacial (DREIMANIS, 1976). Os pavimentos de clastos ao longo da laguna Ecology e transversalmente à frente da geleira são provavelmente fruto de depósitos da base da geleira modificados subsequente pelo gelo marinho e pelos growlers e bergy bits. Eles também podem corresponder a episódios de descenso relativo do nível do mar (HANSOM, 1983, 1986). Além disso, os pavimentos de clastos podem prover evidências de linhas de costas glaciariadas, cuja base das geleiras está no ponto de fusão (EYLES, 1994).

Conclusão

Feições morfológicas tais como lodgement till e morainas de retrocesso/avanço, preservadas em algumas partes da

área proglacial da geleira Ecology, são evidências de movimentos de retração da geleira. Clastos estriados foram depositados quando o gelo fluía do campo de gelo. O cordão morânico mais elevado e mais desenvolvido indica condições pretéritas de uma geleira mais espessa avançando sobre a baía do Almirantado. No futuro, métodos de sísmica de alta resolução poderão identificar depósitos da moraina frontal no ambiente submarino.

Nas quatro zonas geomorfológicas identifica-se uma rápida redistribuição de material glaciogênico devido à disponibilidade das atividades de fusão do gelo e de processos marinhos na maioria das zonas deglaciariadas mais recentes. A geleira transporta espessos sedimentos subglaciais os quais alcançam a base da geleira e são modificados e transportados pelas marés e pelas correntes. Isso indica que a geleira Ecology é, pelo menos, parcialmente de base térmica úmida, uma vez que os depósitos subglaciais mais espessos também estão associados às geleiras com regimes térmicos mistos.

GLOSSÁRIO (SIMÕES, 2004; VIEIRA, 2002; <http://www.nsidc.org/glaciers>)

Bergy bit – são fragmentos de icebergs, apresentando geralmente tamanhos inferiores a 5 m.

Campo de Gelo – Geleira que cobre área extensa, com superfície plana ou ondulada, e, ao contrário de uma calota de gelo, não chega a ter domos de gelo. A cobertura de gelo não é espessa o suficiente para cobrir montanhas ou formar uma calota, a morfologia superficial é fortemente controlada pelo embasamento. Geralmente, os campos de gelo são escoados por geleiras de descarga, que fluem através de brechas e passagens entre as montanhas.

Englacial – localizado ou o que ocorre dentro de uma geleira.

Esker – depósito resultante do fluxo dentro da geleira ou na interface gelo/rocha. São formas arredondadas e lineares comumente formadas de areias e gravas. Tais depósitos se encontram paralelos ao fluxo da geleira.

Flutes – Flutes podem formar-se quando a geleira passa por pequenos obstáculos na interface gelo/rocha, formando assim longos cordões de *till*.

Frente da geleira – O limite inferior de uma geleira *que termina na água*.

Geleira de base térmica úmida – geleira na qual a interface gelo/rocha está no ponto de fusão.

Gelo morto – Qualquer parte de uma geleira que parou de fluir. Partes do gelo morto estão frequentemente cobertas por detritos.

Growler – é um iceberg menor que 2 metros e com uma superfície acima da linha da água de 1 metro. É menor que um bergy bit.

Iceberg – Grande massa de gelo flutuante ou encalhada desprendida de uma geleira. Portanto, é formado pela acumulação de neve não fazendo parte da banquisa. Por definição, deve ter mais de 5 m acima do nível do mar. Icebergs com mais de 2 km de extensão são normais no Oceano Circumpolar. Ocasionalmente ocorre o desprendimento de icebergs gigantes a partir das plataformas de gelo antárticas, alguns ultrapassando 5.000 km² de área. No Atlântico Sul, icebergs já foram observados até a latitude de 35°S.

Linha de encalhe (grounding line) – zona na qual a massa de gelo ao entrar em contato com o corpo de água começa a flutuar (no caso das plataformas de gelo); no caso das geleiras de marés (*tidewater glacier*) a linha de encalhe coincide com a frente da geleira.

Lodgement till – é um sedimento glacial depositado pela descarga de detritos desde a base da geleira por processos de fusão ou por outros processos mecânicos.

Moraina – é uma palavra de origem francesa que se refere a qualquer acumulação formada pelas geleiras – existem uma variedade de morainas: moraina lateral, moraina central, moraina terminal, moraina de empurrão. Difere-se de banco morainico que é encontrado em ambientes marinhos e lacustres.

Roches moutonnées – são estriadas, produto da abrasão glacial.

Till – refere-se ao material não consolidado e caótico depositado pela geleira.

Agradecimentos

Esta pesquisa foi financiada pelo Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR), por intermédio do Conselho Nacional para Ciência e Desenvolvimento Tecnológico (CNPq) – Processo 55.0363/02-5. Agradecimentos a Geraldo Sansanezi, do Clube Alpino Paulista, pelo apoio durante as atividades

de campo, a Lubomir Kovacic (Comenius University, Slovakia), pela cessão de algumas de suas fotos.

Referências Bibliográficas

- Ballantyne, C.K., 2002. Paraglacial geomorphology. *Quat. Sci. Rev.*, 21: 1935-2017.
- Benn, D.I. and D.J.A. Evans, 1998. *Glaciers & Glaciation*. Arnold, London, 734 pp.
- Bennett, M.R. and N.F. Glasser, 1996. *Glacial Geology – Ice Sheets and Landforms*. John Wiley & Sons, Ltd., England, 364 pp.
- Birkenmajer, K., 1981. Raise marine features and glacial history in the vicinity of H. Arctowski Station, King George Island (South Shetland Islands, Antarctica). *Quat. Sci. Rev.*, 29 (2): 109-117.
- Birkenmajer, K., 1991. Tertiary glaciation in the South Shetland Islands, West Antarctica: evaluation of data. In Thomson, M.R.A., Crame, J.A and Thomsom, J.W., eds. *Geological Evolution of Antarctica*. Cambridge: Cambridge University Press: 629-632.
- Birkenmajer, K., 1997. Quaternary geology at Arctowski Station, King George Island, South Shetland Islands (West Antarctica). *Studia Geologica Polonica*, 110: 91-104.
- Birkenmajer, K., 2002. Retreat of Ecology Glacier, Admiralty Bay, King George Island (South Shetland Islands, West Antarctica), 1956-2001. *Bulletin of Polish Academy of Sciences: Earth Sciences*, 50 (1): 5-19.
- Bintanja, R., 1992. Glaciological and meteorological investigations on Ecology Glacier, King George Island, Antarctica (Summer 1990-1991). *Circump. J.*, 7: 59-71.
- Braun, M., 2001. Ablation on the ice cap of King George Island (Antarctica). PhD. Dissertation, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br, 165 pp.
- Domack, E.W. and S. Ishman, Oceanographic and physiographic controls on modern sedimentation within Antarctic fjords. *Geol. Soc. Am. Bul.*, 105: 1175-1189.
- Dreimanis, A., 1976. Tills: their origin and properties. In: R.F. Legget (Editor), *Glacial Till. Spec. Publ. No. 12*, Royal Society of Canada: 11-49.
- Eyles, C.H., 1994. Intertidal boulder pavements in the northeastern Gulf of Alaska and their geological significance. *Sedimentology*, 88: 161-173.
- Hansom, J.D., 1983. Ice-formed intertidal boulders pavements in the sub-Antarctic. *J. Sediment. Petr.*, 53: 1-39.
- Hansom, J.D., 1986. Intertidal forms produced by floating ice in Vestfirðir, Iceland. *Mar. Geol.*, 71: 289-298.
- Hjort, C., S. Björck, Ó. Ingólfsson, and P. Möller, 1998. Holocene deglaciation and climate history of the northern Antarctic Peninsula region: a discussion of correlations between the Southern and

- Northern Hemisphere. *Ann. Glaciol.*, 27: 110-112.
- Ingólfsson, Ó., C. Hjort, S. Björck, and L. Smith, 1992. Late Pleistocene and Holocene glacial history of James Ross Island, Antarctica Peninsula. *Boreas*, 11: 209-222.
- Lian, O.B, S.R. Hicock, and A. Dreimanis, 2003. Laurentide and Cordilleran fast ice flow: some sedimentological evidence from Wisconsinan subglacial till and its substrate. *Boreas*: 32, 102-113.
- Martianov, V. and S. Rakusa-Suszczewski, 1989. Ten years of climate observations at the Arctowski and Bellinghshausen Station (King George Is., South Shetland, Antarctica). In: *Global Change Regional Research Centres: Scientific Problems and Concept Developments*. Ed. By A. Breymeyer: 80-87
- Martinez-Macchiavello, J.C., A. Tatur, S. Servant-Vildary, and R. Del Valle, 1996. Holocene environmental change in a marine-estuarine-lacustrine sediment sequence, King George Island, South Shetland Islands. *Antar. Sci.*, 8 (4): 313-322.
- Mausbacher, R., J. Muller, M. Munnich, and R. Schmidt, 1989. Evolution of postglacial sedimentation in Antarctic lakes (King George Island). *Z. Geomorphol.*, N.F 33: 219-234.
- Polish Academy of Sciences, 2002. Site of Special Interest N° 8 (SSSI-8) King George Island. Scale 1:12,500.
- Simões, J.C., U.F. Bremer, F.E. Aquino, and F.A. Ferron, 1999. Morphology and variations of glacial drainage basins in the King George Island icefield, Antarctica. *Ann. Glaciol.*, 29: 220-224.
- Tokarski, A.K., 1987. Structural events in the South Shetland Islands (Antarctica). III. Barton Horst, King George Island, *Stud. Geolog. Polon.*, 40: 7-37.
- Yoon, H.H., B.K. Park, Y. Kim, and D. Kim, 2000. Glaciomarine sedimentation and its paleoceanographic implications along the fjord margins in the South Shetland Islands, Antarctica during the last 6000 years. *Palaeog. Palaeocl. Palaeoec.*, 157: 189-211.