



# DINÂMICA GLACIAL E CARACTERÍSTICAS SEDIMENTARES RESULTANTES NA ZONA PROGLACIAL DA GELEIRA ECOLOGY - BAÍA DO ALMIRANTADO, ILHA REI GEORGE – ANTÁRTICA

***Kátia Kellem da Rosa***

Núcleo de Pesquisas Antárticas e Climáticas  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS  
katiakellem@yahoo.com.br

***Rosemary Vieira***

Núcleo de Pesquisas Antárticas e Climáticas  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS  
rosemary.vieira@ufrgs.com.br

***Jefferson Cardia Simões***

Núcleo de Pesquisas Antárticas e Climáticas  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS  
jefferson.simoes@ufrgs.br

---

## Resumo

A geleira Ecology, localizada na ilha Rei George, ilhas Shetlands do Sul, está sofrendo um processo de rápida retração ao longo das últimas décadas, sendo que no período de 1956 a 1992/95 a geleira retrocedeu 0,37 km<sup>2</sup>. Isto gerou um ambiente de deglaciação, com a exposição de várias geoformas na zona proglacial. Este trabalho objetiva estudar o ambiente de deglaciação da zona proglacial da geleira Ecology e seus respectivos depósitos na zona proglacial, além de inferir o regime termo-basal desta geleira. O produto resultante deste trabalho é a criação de um modelo geomorfológico para a zona proglacial da geleira, o qual pode ser usado para comparar com zonas proglaciais de outras geleiras.

**Palavras-chave:** Antártica, Ilha Rei George, geleira Ecology, sedimentação glacial.

## Abstract

The glacier Ecology, located at King George island, South Shetlands islands, has been submitted to a fast retrocession process during the last decades; from 1956 to 1992/1995 a glacier retroceded 0.37 km<sup>2</sup>. This process has generated a deglacial environment, which has exposed several geoforms of proglacial zone to further paraglacial activities. This work shows the study of deglacial environment and sedimentological characteristics of deposits in proglacial zone. It is also inferred the thermal basal conditions of glacier. A geomorphological model of Ecology glacier proglacial zone is created, which can be used to compare proglacial zones from other glacial basal conditions.

**Keywords:** Antarctic, King George Island, glacier Ecology, glacial sedimentation

---

## 1. Introdução

A geleira Ecology está sofrendo um processo de rápida retração ao longo das últimas décadas, sendo que no período de 1956 a 1992/95 a geleira retrocedeu 0,37 km<sup>2</sup>, perdendo

uma área superior a 0,17 km<sup>2</sup> entre 1979 e 1998 (Braun, 2001). Isto gerou um ambiente de deglaciação, com a exposição de várias geoformas e depósitos na zona proglacial, os quais podem ser indicativos das condições termais da geleira.

Devido à dificuldade em se observar os processos que

ocorrem dentro da geleira, se estuda as geoformas e características morfológicas e texturais dos sedimentos produzidas pela erosão glacial, os quais são depositados pela geleira. Através da análise destas características é possível investigar os processos erosivos e deposicionais e o tipo de transporte aos quais foram submetidos estes sedimentos, além de verificar o regime termo-basal da geleira.

A importância em estudar este ambiente de sedimentação da geleira Ecology, em uma área recentemente deglaciada, baseia-se na necessidade de um maior entendimento dos produtos sedimentares e geoformas deixadas por uma geleira que apresenta rápida retração.

## 2. Objetivos

Este trabalho objetiva analisar os processos erosivos e deposicionais glaciais da geleira Ecology através do estudo das geoformas e sedimentologia associadas. Além disso, pretende-se apresentar um estudo integrado das suas condições termais e dinâmicas. O produto resultante deste trabalho é a criação de um modelo geomorfológico para a zona proglacial da geleira. Este modelo pode ser usado para comparar com outras zonas proglaciais de geleiras com

condições de regime termais basais semelhantes. Comparar com outras zonas proglaciais de geleiras com condições de regime termais basais semelhantes.

## 3. Área de Estudo

A geleira Ecology localiza-se na costa ocidental da baía do Almirantado, ilha Rei George, nas ilhas Shetlands do sul (Figura 1).

## 4. Deglaciação da Geleira Ecology

As regiões subpolares são áreas mais sensíveis às mudanças climáticas, como variações na temperatura e precipitação. No período 1947-95 houve um aumento de 1,08°C na temperatura da ilha Rei George (Griffith e Anderson, 1989; Domack e Ishman, 1983). Na década passada houve uma aceleração da retração em algumas geleiras na Baía do Almirantado, especialmente a Ecology, Baranowski e Lange (Birkenmajer, 2002). Essas mudanças devem-se provavelmente a uma resposta ao aquecimento climático regional (Simões *et al.*, 1999).

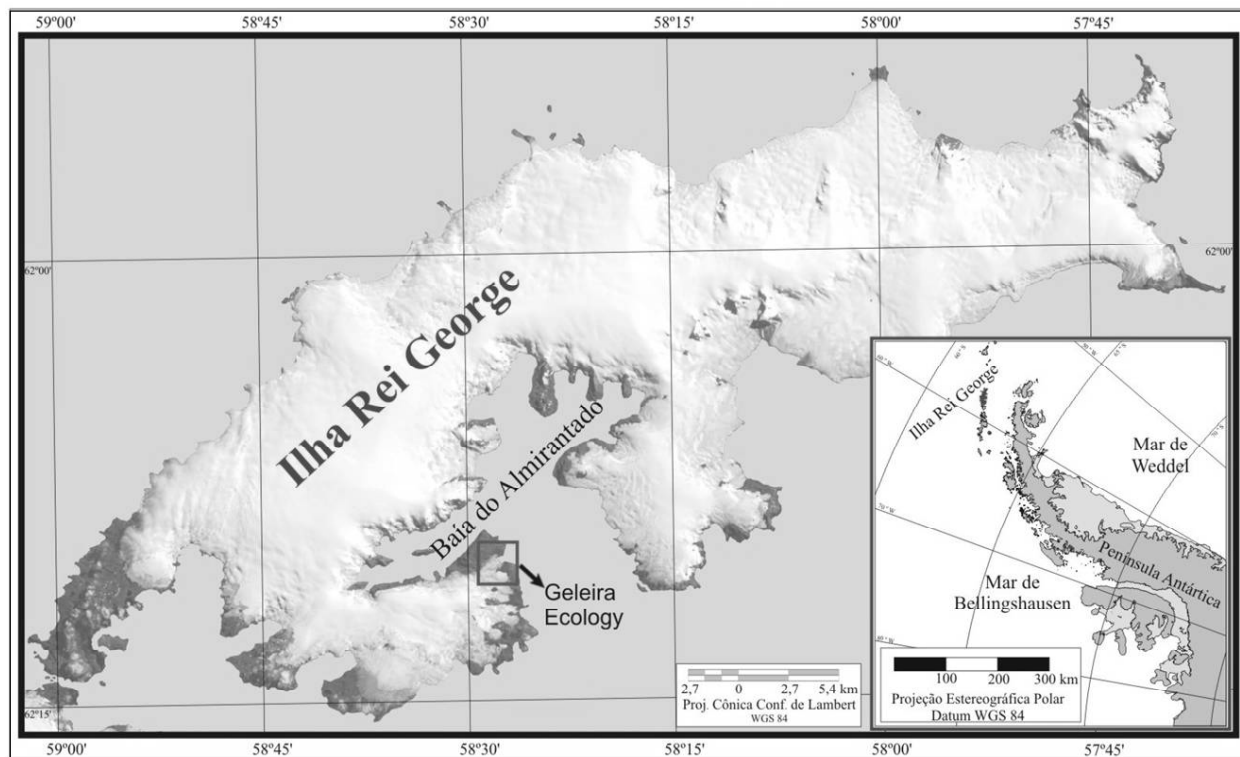


Figura 1 - Localização da geleira Ecology

A geleira Ecology apresenta um estado de contínua retração (Figura 2) desde 1956/57. O seu grau de retração nos anos de 1961 a 1978 foi de aproximadamente 8,0 mil m<sup>2</sup>/

ano (Kejng *et al.*, 1998), retrocedendo, neste período, 677,3 mil m<sup>2</sup>. A retração acelerou rapidamente no período entre 1989 e 1999 atingindo até 30 m/ano (Birkenmajer, 2002).

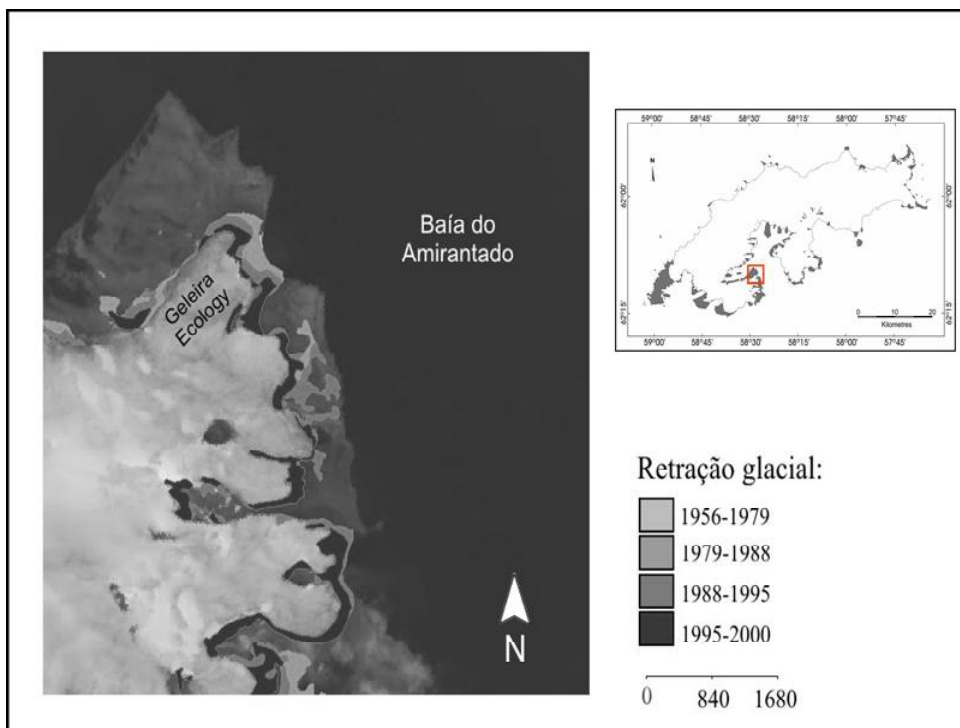


Figura 2 - Retração glacial da Geleira Ecology

Fonte: Mosaico de imagens do satélite SPOT, anos de 1994, 1995 e 2000 UTM, Fuso 21, WGS84.. Modificado de Protótipo de Servidor de Mapas sobre a AAEG Baía do Almirantado. [www.ufrgs.br/nupac](http://www.ufrgs.br/nupac).

### 5. Área proglacial da geleira ecology

Como resultado da retração da geleira Ecology há várias formas erosivas e depósitos expostos na zona proglacial, tais como cordões morânicos, *eskers*, *flutes* e rochas *moutonnées* (Vieira *et al.*, 2006).

Estes depósitos estão expostos principalmente na parte norte da área proglacial da geleira (Figura 3), onde a retração foi maior entre 1978/79 e 2000/01 (Birkenmajer, 2002). Na parte central da frente da geleira, como resultado da deglaciação, formou-se a lagoa Ecology (Figura 3) (Kejng *et al.*, 1998; Birkenmajer, 2002).



Figura 3 - Área proglacial da geleira Ecology. Fonte: Rossato, 2004.

## 6. Materiais e Métodos

Durante o trabalho de campo na zona proglacial da geleira Ecology, realizado pela equipe do Nupac<sup>1</sup> durante o PROANTAR<sup>2</sup> XXII, ocorrido no verão de 2003/04, foi realizada a coleta de sedimentos de amostras representativas de cada depósito.

As análises laboratoriais das características morfoscópicas e granulométricas dos sedimentos foram realizadas no laboratório de sedimentologia do CECO (Centro de Estudos Costeiros e Oceanográficos) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A análise morfoscópica foi realizada em 200 grãos de cada intervalo de classe textural selecionada para esta análise, sendo que cada amostra analisada foi separada nos seguintes intervalos de classes: diâmetro menor que 1 milímetro, diâmetro igual a 1 milímetro e diâmetro maior que 1 milímetro.

A distribuição percentual das classes texturais dos sedimentos foi realizada segundo Shepard (1954). A análise do grau de arredondamento foi realizada através da tabela de comparação de Krumbein (1941) e o grau de esfericidade foi medido usando a tabela de Rittenhouse (1943). As medições das texturas superficiais das classes sedimentares foram feitas através da classificação de Bigarella (Santos, 2006).

A divisão estabelecida por frações nas representações gráficas das características morfoscópicas foi realizada devido ao comportamento diferenciado às ações erosivas dos diferentes tamanhos de grãos, sendo que a quanto maior o tamanho dos grãos, maiores serão as alterações erosivas.

A fotointerpretação de fotos aéreas da geleira Ecology foi realizada com fotos de 2003, na escala de 1:50.000 fornecidas pelo SHOA/SAF (*Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile/ Servicio Aéreo Fotogramétrico*). Este procedimento buscou identificar os diferentes tipos de depósitos, observar sua posição em relação às outras geoformas adjacentes e criar um modelo geomorfológico para a zona proglacial da geleira.

## 6. Discussão e interpretação dos resultados

### 6.1. Amostra 3 - Crista alongada arredondada sinuosa

O depósito possui a forma de uma crista alongada, arredondada e íngreme, não muito extensa, localizada entre a zona subglacial e a laguna Ecology (Figura 4). Está alinhado paralelamente ao fluxo da geleira, refletindo a forma do canal de água de degelo fluindo em direção à margem do gelo.



Figura 4 - Crista arredondada alongada. Foto modificada de Vieira, 2004.

<sup>1</sup> NUPAC: Núcleo de Pesquisas Antárticas e Climáticas.

<sup>2</sup> PROANTAR: Programa Antártico Brasileiro

Apresenta composição granulométrica variada, predominando materiais grossos. É constituído de 42,16% de cascalhos, 27,88% de areia, 20,41% de silte e 9,55% de argila. Os materiais finos são gerados pela ação da água de degelo e pela abrasão. A distribuição dos tamanhos dos grãos é multimodal e o depósito é extremamente mal selecionado (Figura 5).

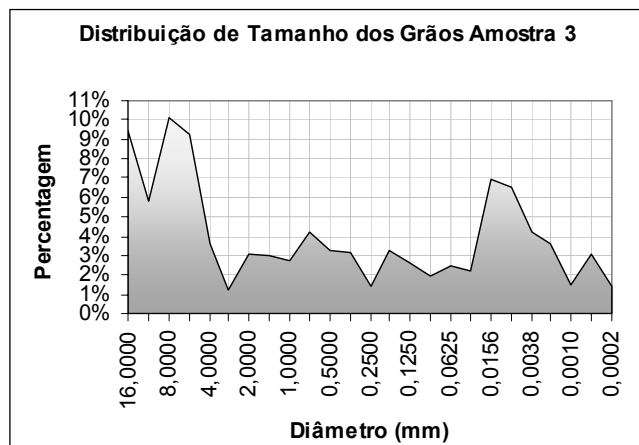


Figura 5 - Distribuição do tamanho dos grãos da amostra 3

O grau de arredondamento da maioria dos grãos analisados é subangular (Figura 6). A esfericidade é predominantemente média (Figura 7) e a textura superficial dominante é mamelonado fosco (Figura 8). Observou-se a presença de grãos facetados na amostra de sedimentos analisados.

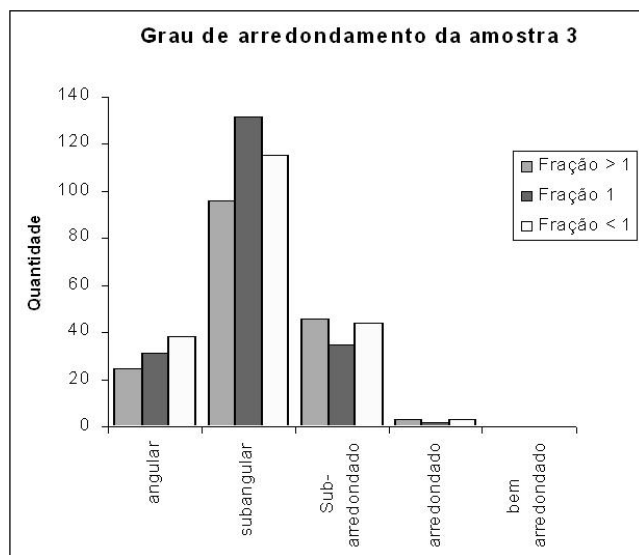


Figura 6 - Grau de arredondamento da amostra 3.

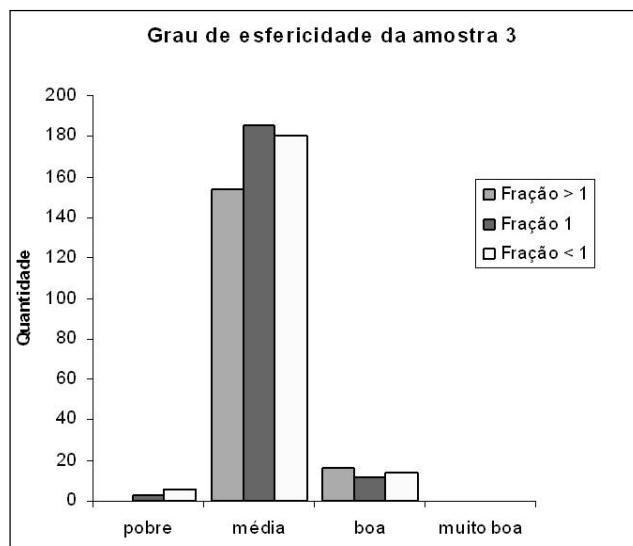


Figura 7 - Grau de esfericidade da amostra 3

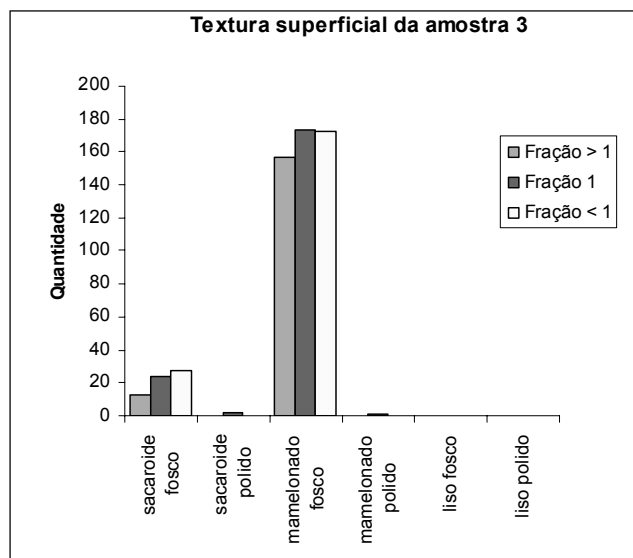


Figura 8 - Textura superficial da amostra 3.

Pelas características sedimentares apresentadas pode-se concluir que o depósito possui origem de transporte basal com erosão pela água de degelo.

O depósito pode ser interpretado como um *esker*, uma geoforma glaciofluvial subglacial de contato com o gelo (Hambrey, 1994). *Eskers* são enchimentos de paredes de gelo de canais de correntes de água existentes na interface gelo-rocha, abaixo do gelo ainda ativo, por onde flui a água de degelo transportando sedimentos (Suguio, 2003).

Esta interpretação está baseada em sua composição granulométrica variada, no domínio de sedimentos grossos, nas características morfooscópicas, principalmente o grau de arredondamento, e pela morfologia e orientação do depósito.

## 6.2. Amostra 4 - Depósito subglacial

O depósito está localizado na zona subglacial, sendo que os sedimentos foram coletados na parte interna da

parede frontal da geleira (na zona de ablação), próximo a sua base (Figura 9). Os sedimentos coletados derivam de material percolando dentro da geleira e sendo transportados na base desta.



Figura 9 - Depósito subglacial. Foto modificada de Bernsmüller, Leandro, 2004.

A amostra é extremamente mal selecionada, característica de depósito de *till*. *Till* é um sedimento mal selecionado transportado e depositado diretamente pelo gelo de geleira, com pouca ou nenhuma seleção pela água. Essa amostra é constituída de 30,55% de cascalho, 31,42% de areia, 27,80% de silte e 10,23% de argila.

A distribuição do tamanho dos seus grãos é multimodal (Figura 10), sendo que há uma alta proporção de materiais finos caracterizando, portanto, transporte basal e pela água de degelo.

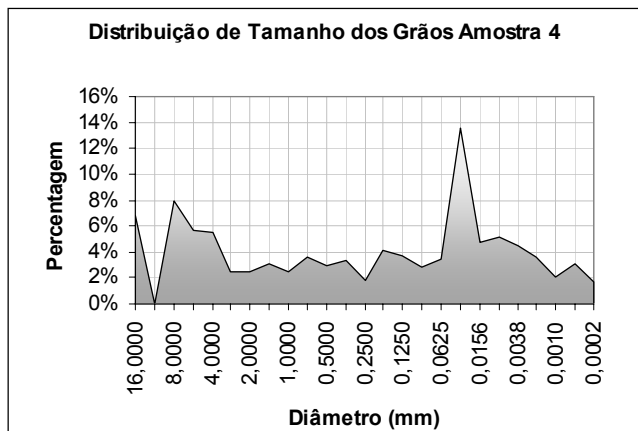


Figura 10 - Distribuição do tamanho dos grãos da amostra 4

A alta proporção de sedimentos finos verificada na amostra é resultado da considerável modificação que os sedimentos experimentam na zona de tração na base da geleira, causando uma progressiva redução dos seus tamanhos de grãos durante o transporte através do processo de abrasão. Este produz um desgaste gradual nos grãos, fragmentando e moendo-os mecanicamente, reduzindo, assim, seus tamanhos com a distância do transporte. A grande quantidade de sedimentos finos encontrada nas amostras evidencia, assim, a presença de água de degelo na base da geleira, desgastando os materiais. Indicando assim que o regime termo basal da geleira Ecology pode ser úmido ou politermal.

A distribuição dos tamanhos de grãos da amostra mostra ampla variedade de tamanho de partículas, de argilas a seixos, isto é, resultando da redução do tamanho de partículas quando elas se quebram durante o transporte ativo.

O grau de arredondamento dos grãos é típico de sedimentos transportados subglacialmente, possuindo picos em subangulares a subarredondados, refletindo abrasão prolongada sofrida pelos grãos durante o transporte subglacial, principalmente pelo processo de polimento, que remove as protuberâncias na rocha (Sugio, 2003) (Figura 11).

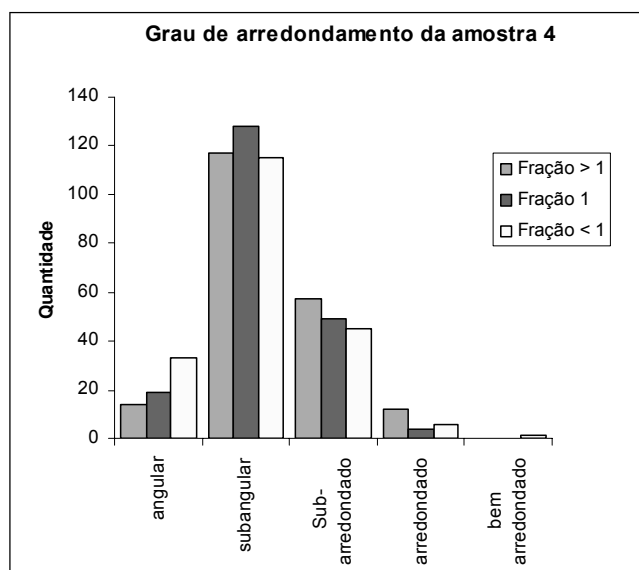


Figura 11 - Grau de arredondamento da amostra 4.

A textura superficial dominante é mamelonado fosco (Figura 12) e a esfericidade é caracterizada por ser predominantemente média (Figura 13).

Os sedimentos deste depósito apresentam características tipicamente de transporte basal, refletindo um maior desgaste subglacial do que as amostras anteriores, com altos graus de arredondamento (Figura 11) e esfericidade (Figura 13) e a presença de micro-estrias e superfícies facetadas e grande quantidade de sedimentos finos. Estas características morfoscópias e granulométricas resultam da alteração dos grãos por erosão subglacial, com a presença de água de degelo.

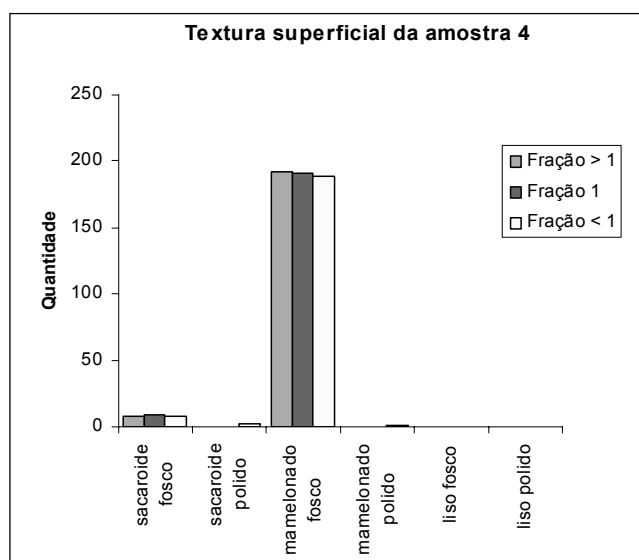


Figura 12 - Textura superficial da amostra 4

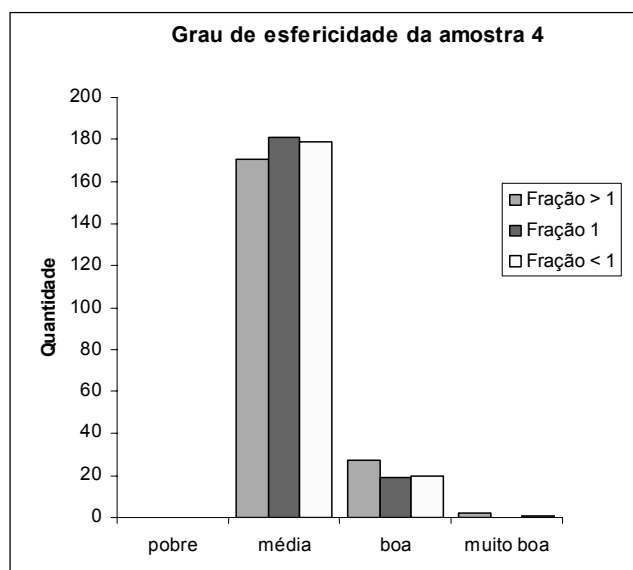


Figura 13 - Grau de esfericidade da amostra 4

O depósito pode ser interpretado como sendo um *till* de alojamento, esta interpretação está baseada na localização do depósito (basal), nas altas porcentagens de clastos subarredondados e subangulares, na presença de muitos sedimentos finos, estriações e *stoss and lee* (feições assimétricas características de depósitos de *till* de alojamento de origem subglacial).

A maioria dos *till* de alojamento é extremamente mal selecionada, contendo um variado alcance de tamanhos de partículas (Hambrey, 1994; Tomazelli, 2002). A matrix é predominantemente siltosa (Tomazelli, 2002) e possuem distribuição dos tamanhos de grãos tipicamente de transporte de detritos basais (bimodais ou multimodais), refletindo esmagamento e abrasão durante o cisalhamento subglacial (Benn e Evans, 1998). Clastos mostram características morfológicas típicas de transporte basal, com bordas arredondadas, forma esférica, facetados e faces polidas e estriadas, com arredondamento intermediário entre subangular e subarredondado (Bennett e Glasser, 1996).

A formação de *till* de alojamento por degelo subglacial envolve a liberação de sedimentos transportados subglacialmente por degelo subglacial, o qual tende a ser concentrado em depressões na base da geleira (Bennett e Glasser, 1996). A deposição de *till* de alojamento ocorre sob gelo ativo, onde o grau de derretimento basal é alto, a geleira desliza sobre o assoalho e possui um regime termo-basal temperado (Sugden e John, 1976; Bennett e Glasser, 1996). Entretanto, espessas camadas de detritos subglaciais evidenciam sucessivos eventos de fusão e congelamento, os quais estão relacionados com a deposição de uma geleira de regime térmico misto (Bennet e Glasser, 1996).

Uma das características mais distintivas dos *till* de alojamento é a abundância de rochas *stoss and lee* com lados

assimétricos, lembrando miniaturas de rochas *mountonnées*, com alisamento no lado do barlavento e fraturamento no lado sotavento, formados após o clasto ter se tornado alojado (Boulton, 1978; Krüger, 1979; Sharp, 1982).

### 6.3. Amostra 8 - Crista morânica arqueada

O depósito tem a forma de uma crista morânica arqueada, refletindo a forma da margem frontal da geleira (Figura 14). Está localizado no lado norte da área proglacial

da geleira Ecology.

Clastos angulosos e muito angulosos predominam, indicando origem supraglacial ou englacial (Vieira *et al.*, 2006). É constituída de 81,63% de cascalho, 15,62% de areia, 2,51% de silte e 0,24% de argila. O depósito é pobremente selecionado, com distribuição do tamanho dos grãos unimodal, predominando sedimentos de granulometria grossa, evidenciando sua origem supraglacial (Figura 15). Os sedimentos finos foram levados para adiante pela água da laguna e marinha.



Figura 14 - Parte subaérea da moraina. Foto: Vieira, Rosemary, 2004.

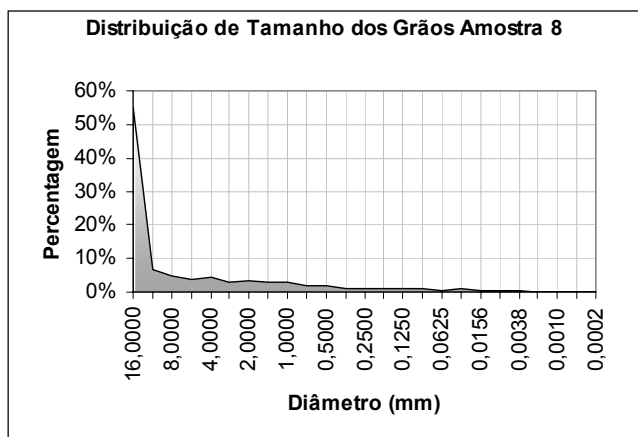


Figura 15 - Distribuição do tamanho dos grãos da amostra 8

Pelas características sedimentológicas, morfologia e orientação do depósito ele pode ser interpretado como sendo uma moraina frontal. Esta crista morânica é a mais externa, na parte subaérea, formada no limite de avanço da geleira.

Pela distribuição unimodal e a grande proporção de grãos angulosos e materiais grossos, verifica-se que os sedimentos apresentam características de *till* de fusão supraglacial.

O *till* de ablação supraglacial resulta do acúmulo de detritos rochosos devido à fusão do gelo (Tomazelli, 2002). A maioria dos clastos é dominada por partículas angulares e de forma não esférica e normalmente não são estriadas ou facetadas (Bennett e Glasser, 1996). A distribuição do tamanho dos grãos é unimodal, com predomínio de sedimentos grossos (Bennett e Glasser, 1996).

Este grande cordão morânico latero-frontal é caracterizado por ser um arco contínuo de aproximadamente 1 km de extensão, possuindo, em alguns setores, mais de 30 m de altura em relação à superfície atual da geleira Ecology Sua altura diminui em direção à linha de costa, onde partes da moraina sofrem modificação por processos glaciais e marinhos. Esta moraina demonstra a posição da frente da geleira durante o Holoceno. Seus limites frontais estão no ambiente submarino da baía do Almirantado (Vieira *et al.*, 2006).



## 7. Modelo geomorfológico proposto

O ambiente de sedimentação formado na zona proglacial da geleira Ecology é bastante complexo, sendo composto por distintos sub-ambientes: a zona proglacial de contato com o gelo, o ambiente glaciofluvial, o ambiente glaciolacustre e o ambiente glaciomarinho.

Consequentemente, o sistema deposicional glacial é constituído de diferentes tipos de depósitos (Figura 16), tais como *till* de alojamento, *eskers*, flutes, morainas, pavimento de clastos, etc. Estes depósitos sofrem retrabalhamento paraglacial, através de processos glaciofluviais, glaciomarinhos e glaciolacustres.

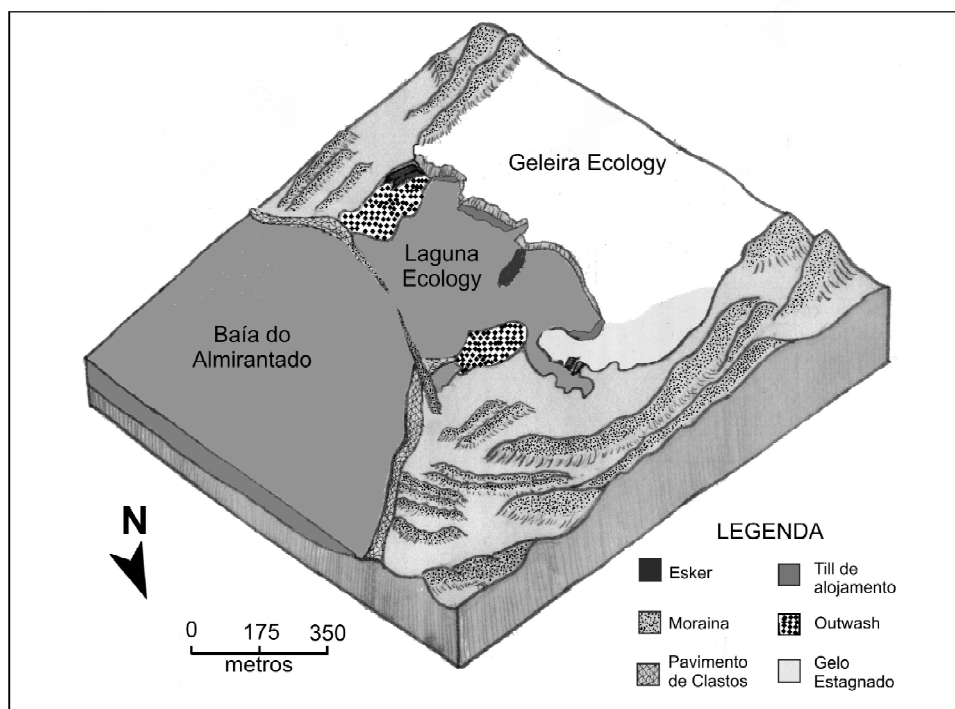


Figura 16 - Modelo geomorfológico proposto para a zona proglacial da geleira Ecology

## 8. Conclusões

A esfericidade predominantemente média e graus de arredondamento não muito altos verificados nas amostras indicam pouca maturidade dos grãos, pois eles contêm poucas alterações abrasivas, as quais podem ser resultado de uma curta distância do transporte desde sua origem.

A baixa proporção de clastos estriados em depósitos de origem subglacial sugere que os sedimentos passaram por uma limitada quantidade de transporte na base da geleira e uma rápida deposição. Além disso, muitos clastos podem ter sido retrabalhados por outras origens, principalmente glaciofluviais e glaciolacustres.

Os resultados obtidos demonstram que há uma grande quantidade de sedimentos finos encontrados nas amostras, evidenciando a presença de água de degelo na base da geleira, desgastando os materiais e indicando um regime termo basal úmido ou politermal para a geleira Ecology.

A grande quantidade de depósitos e geofomas erosivas subglaciais, como rochas *moutonnées*, rochas

facetadas e estriadas, *till* de alojamento, *stoss and lee*, pavimento de clastos também são indicativas de um regime termo basal temperado ou úmido. Além disso, rochas estriadas e *till* de alojamento representam condições de deslizamento basal, movimento realizado por geleiras em ponto de fusão sob pressão.

Saber o regime termo basal de uma geleira é muito importante. O regime termal controla a sedimentação, pois a maneira como os sedimentos são transportados, erodidos e depositados depende das condições termais da geleira. A sensibilidade da geleira às mudanças climáticas também está relacionada com seu regime termal.

Este estudo servirá para estabelecer comparações posteriores com estudos de geleiras com regimes termais temperados, politermais e frias.

## Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil.

## Referências Bibliográficas

- Benn, D.I. e Evans, D.J.A. (1998) *Glaciers & Glaciation*. London: Arnold. 734 p.
- Bennett, M.R. e Glasser, N.F. (1996) *Glacial Geology – Ice Sheets and Landforms*. England: John Wiley & Sons Ltd. 364 p.
- 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), p 5–19.
- Boulton, G.S. (1978) Boulder shapes and grain-size distributions of debris as indicators of transport paths through a glacier and till genesis. *Sedimentology*, 25, p. 773-799.
- Braun, M. (2001) Ablation on the ice cap of King George Island (Antarctica). PhD. Dissertation, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br. 165 p.
- Domack, E. W. e Ishman, S. (1983) Oceanographic and physiographic controls on modern sedimentation within Antarctic fjords. *Geological Society of America Bulletin*, 105, p. 1175 – 1189.
- Griffith, T.W. e Anderson, J.B. (1989) Climatic control of sedimentation in bays and fjords of the northern Antarctic Peninsula. *Marine Geology*, 85, p. 181-204.
- Hambrey, M. (1994) *Glacial Environments*. London: UCL Press. 296 p.
- Kruger, J. (1979) Structures and textures in till indicating subglacial deposition. *Boreas*, v. 8, p. 323-340.
- Kejng, M.; Láska, K. e Caputa, Z. (1998) Recession of the Ecology Glacier in the período 1961 – 1996. In: Glowacki; Bednarek (eds.) *Polish Polar Studies*. 25 th International Polar Symposium, Warszawa, p. 121 - 128.
- Krumbein, W.C. (1941) Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Petrology*, 11, p. 64-72.
- Rittenhouse, G. (1943) A visual method of estimating two-dimensional sphericity. *Journal of Sedimentary Petrology*, 13 (2), p. 79-81.
- Sharp, M. (1982) Modification of clasts in lodgement till by glacial erosion. *Journal of Glaciology*, 28, p. 475-481.
- Shepard, F.P. (1954) Petrol Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *Journal Sedimentary* 24 (3). p. 151-158.
- Simões, J.C.; Bremer, U.F., Aquino, F.E. e Ferron, F.A. (1999) Morphology and variations of glacial drainage basins in King George Island icefield, Antarctica. *Annals of Glaciology*, 29, p. 220-224.
- Sugden, D.E. e John, B.S. (1976) *Glaciers and Landscape*. London: Edward Arnold Ltda. 376 p.
- Suguio, K. (2003) *Geologia sedimentar*. São Paulo: Edgard Blücher. 400 p.
- Tomazelli, L.J.(2002) *Ambientes de sedimentação*. Porto Alegre: Gráfica da UFRGS. 102 p.
- Vieira, R.; Rossato, M.S.; Aquino, F.E. e Simões, J.C. (2006) Feições morfológicas associadas ao ambiente de deglaciação da geleira Ecology, ilha Rei George, Antártica. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 6 (2).