

ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA PENÍNSULA KELLER, ANTÁRTICA, ATRAVÉS DO SIG

Morphometric Analysis of Keller Peninsula, Antarctica, by GIS

Cláudio Wilson Mendes Júnior¹
Norberto Dani¹
Jorge Arigony-Neto²
Jefferson Cardia Simões¹
Ulisses Franz Bremer¹
Edvaldo Simões da Fonseca Júnior³
Herbert Johannes Bernhard Erwes⁴

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS
Centro polar e Climático - CPC

Avenida Bento Gonçalves, 9500. Bairro Agronomia. Porto Alegre, RS - 91501-970 - Brasil
geoclaudio@yahoo.com.br, norberto.dani@ufrgs.br, jefferson.simoes@ufrgs.br,
lfvelho@gmail.com, rrr3@pop.com.br, ildoweb@yahoo.com.br

² Universidade Federal do Rio Grande – FURG
Instituto de Ciências Humanas e da Informação – Laboratório de Monitoramento da Criosfera
Avenida Itália, km 8. Rio Grande, RS – 96201-900 - Brasil
jorgearigony@furg.br

³ Universidade de São Paulo – USP
Escola Politécnica – Laboratório de Topografia e Geodésia
Caixa Postal 61548. São Paulo, SP – 05424-970 - Brasil
edvaldoj@usp.br

⁴ Instituto Militar de Engenharia – IME
Seção de Engenharia Cartográfica
Praça General Tibúrcio, 80 (SE-6). Praia Vermelha. Rio de Janeiro, RJ – 22290-270 - Brasil
prado@ime.eb.br

RESUMO

Este estudo consiste na análise morfométrica da Península Keller, ilha Rei George, arquipélago das Shetlands do Sul, Antártica, usando técnicas de Sistema de Informação Geográfica (SIG). Uma fotografia aérea vertical e o Modelo Digital do Terreno (MDT) usados na elaboração de um mapa topográfico da PK na escala 1:5.000 foram processados em estação fotogramétrica digital para gerar uma ortofoto e uma ortofotocarta. O referido MDT, os pontos cotados e curvas de nível desse mapa topográfico foram armazenados em um SIG. Um MDT mais detalhado foi gerado para a área de entorno da Estação Comandante Ferraz (EACF), pela adição de pontos cotados da planta topográfica dessa estação. A partir desses MDTs foram derivados mapas hipsométricos, de declividade e aspecto, modelos de sombreamento analítico, cenas perspectivas tridimensionais e perfis topográficos, assim como medidas de distâncias, perímetros, áreas e volumes. Com base nos dados do MDT resultante deste estudo, a elevação média da PK é 96,5 m e a máxima de 332,8 m (monte Birkenmajer). Na PK predominam terrenos com declividade forte ondulada (35,6%), seguida pelas classes montanhosa (22,3%), ondulada (20%) e escarpada (12,8%). As vertentes da PK são principalmente orientadas para oeste (21,3%) e leste (15,3%).

Palavras chaves: Península Keller, Ilha Rei George, Análise Morfométrica, Sistema de Informação Geográfica.

ABSTRACT

This study consists in the morphometric analysis of Keller Peninsula (KP), South Shetland Archipelago, Antarctica, using Geographical Information System (GIS) techniques. We processed a vertical metric aerial photography and a Digital Terrain Model (DTM) used in the compilation of the KP topographic map at a scale of 1:5,000, in a Digital Photogrammetric Station, to generate an orthophoto and then to create an orthophotomap. This DTM, altimetric points and contour lines from this topographic map were stored in the GIS. A more detailed DTM for the area surrounding the Brazilian Comandante Ferraz Station (EACF) were generated adding altimetric points from an EACF topographic plan. From these DTMs, we derived hypsometric, slope and aspect maps, hillshade models, perspective view scenes and topographic profiles, as well as measurements of distances, perimeters, areas and volumes for the KP and the EACF areas. Based on the DTM of this study, the mean KP elevation is 96.5 m and the maximum one is 332.8 m (Birkenmajer Mount). At KP predominates steep terrain slopes (35.6%), followed by very steep (22.3%), moderate (20%) and abrupt areas (12.8%). Its hillsides are mainly westward (21.3%) and eastward (15.3%) oriented.

Keywords: Keller Peninsula, King George Island, Morphometric Analysis, Geographical Information System.

1. INTRODUÇÃO

A Península Keller (PK) está localizada entre as latitudes 62°03' S e 62°06' S e as longitudes 58°23' O e 58°26' O, na baía do Almirantado, ilha Rei George (IRG), situada no arquipélago das *Shetlands* do Sul, a oeste da região setentrional da península Antártica (e.g., Fig. 1, MENDES JR. *et al.*, 2010), sendo constituída por litologias vulcânicas de composição variada, do final do Cretáceo e início do Terciário. Seu relevo caracteriza-se por acumulações detríticas de natureza variável e por diversos tipos de feições, como níveis de terraços e morainas, depósitos de tálus e cristas rochosas (FRANCELINO *et al.*, 2004; SCHAEFER *et al.*, 2004). As áreas a oeste da PK não são cobertas por geleiras, enquanto que nas áreas a leste e sudeste ocorrem quatro pequenas geleiras de circo: Ferguson, Flagstaff, Noble e Babylon (SIMÕES *et al.*, 2004) – Fig. 1.

As geoformas da PK foram analisadas por Francelino *et al.* (2004), através da interpretação de fotografias aéreas de pequeno formato (FAPEFs) na escala 1:5.000, de um Modelo Digital do Terreno (MDT) gerado por esses autores e de dados de levantamento de campo. Dados da planta topográfica da Estação Antártica Comandante Ferraz – EACF (FONSECA JR. *et al.*, 2006) e do mapa topográfico da PK na escala 1:5.000 (MENDES JR. *et al.*, 2010) também podem ser utilizados para auxiliar o planejamento de atividades logísticas, científicas e turísticas locais. Este estudo tem como objetivo o uso de dados do mapa topográfico da PK na geração de mapas temáticos derivados e de dados quantitativos através de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), para a análise morfométrica dessa península.

2. METODOLOGIA

Os pontos cotados, o MDT e as curvas de nível utilizados na elaboração do mapa topográfico da PK (MENDES JR. *et al.*, 2010) foram armazenados no programa ArcGIS™ (ESRI Inc.). Para a área de entorno da EACF (Fig. 1), abrangida pelos dados da planta topográfica, foi gerado um outro MDT, com resolução

planimétrica de 0,2 m, para uma análise mais detalhada do relevo desta área. Esse MDT foi interpolado através do método *Triangular Irregular Network* – TIN (BURROUGH e MCDONNELL, 2003), o mesmo utilizado na geração do MDT da PK (MENDES JR. *et al.*, 2010). Os dados armazenados no SIG foram utilizados para a elaboração de uma ortofotocarta, mapas temáticos (hypsométrico, de declividade e aspecto), para cálculos de distâncias, perímetros, áreas e volumes, para a geração de perfis topográficos e de modelos perspectivos tridimensionais e de sombreamento analítico. Todos os dados foram armazenados e processados no sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), zona 21 sul (21 S), com o elipsóide de referência *World Geodetic System 1984* (WGS84).

2.1 Delimitação das áreas para a análise do relevo

A área da PK foi definida segundo a linha de costa do mapa topográfico, enquanto que a área da EACF, pelos limites do levantamento topográfico, com a linha de costa coincidente com a do mapa topográfico (e.g., Fig. 1, neste artigo; Fig. 8, MENDES JR. *et al.*, 2010). Os polígonos das áreas da PK e EACF foram utilizados para a extração dos dados de seus respectivos MDTs, para a elaboração dos mapas derivados e para a quantificação das áreas absolutas e relativas (percentuais) das classes mapeadas.

2.2 Ortofotocarta

A ortofotocarta (Fig. 1) foi elaborada através da ortorretificação de uma das fotografias aéreas utilizadas na geração do MDT e do mapa topográfico da PK (fotografia nº 302715 - MENDES JR. *et al.*, 2010). Essa fotografia foi ortorretificada em uma estação fotogramétrica digital modelo LPS™ (*Leica Photogrammetry Suite – Leica Geosystems GIS and Mapping, LLC*), com uma resolução de 0,63 m no terreno. Os pontos cotados e toponímias do mapa topográfico foram representados na ortofotocarta produzida neste estudo.

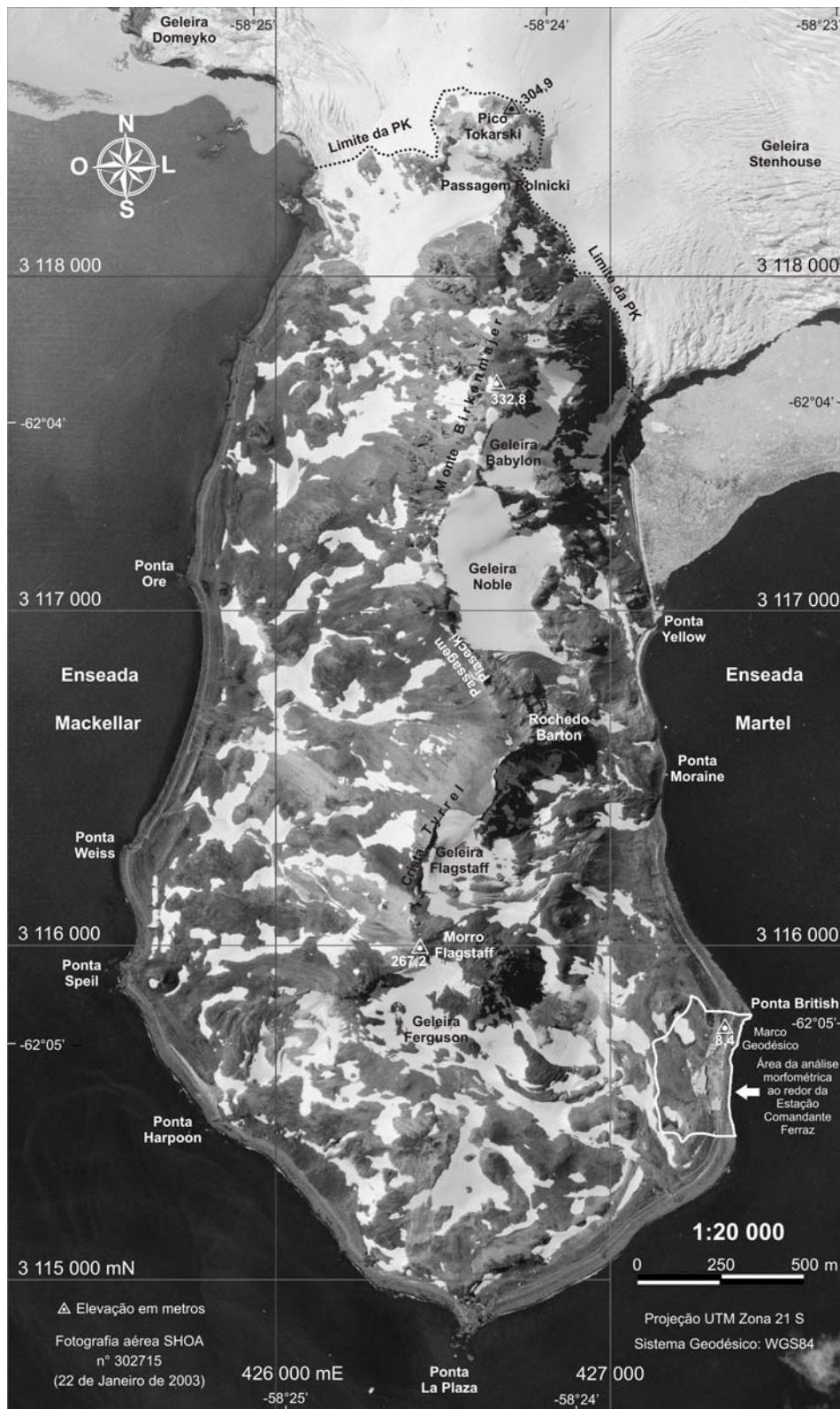


Fig. 1 – Ortofotocarta da península Keller.

2.3 Mapas hipsométricos

O mapa hipsométrico da PK (Fig. 2) foi elaborado a partir do fatiamento do MDT em 15 classes, sendo cada classe com um intervalo de 25 m. Para a

elaboração do mapa hipsométrico da EACF (Fig. 5b), o MDT foi fatiado em 12 classes, com intervalo de 2,5 m cada, o qual é um valor múltiplo ao da equidistância das curvas de nível do mapa topográfico da PK.

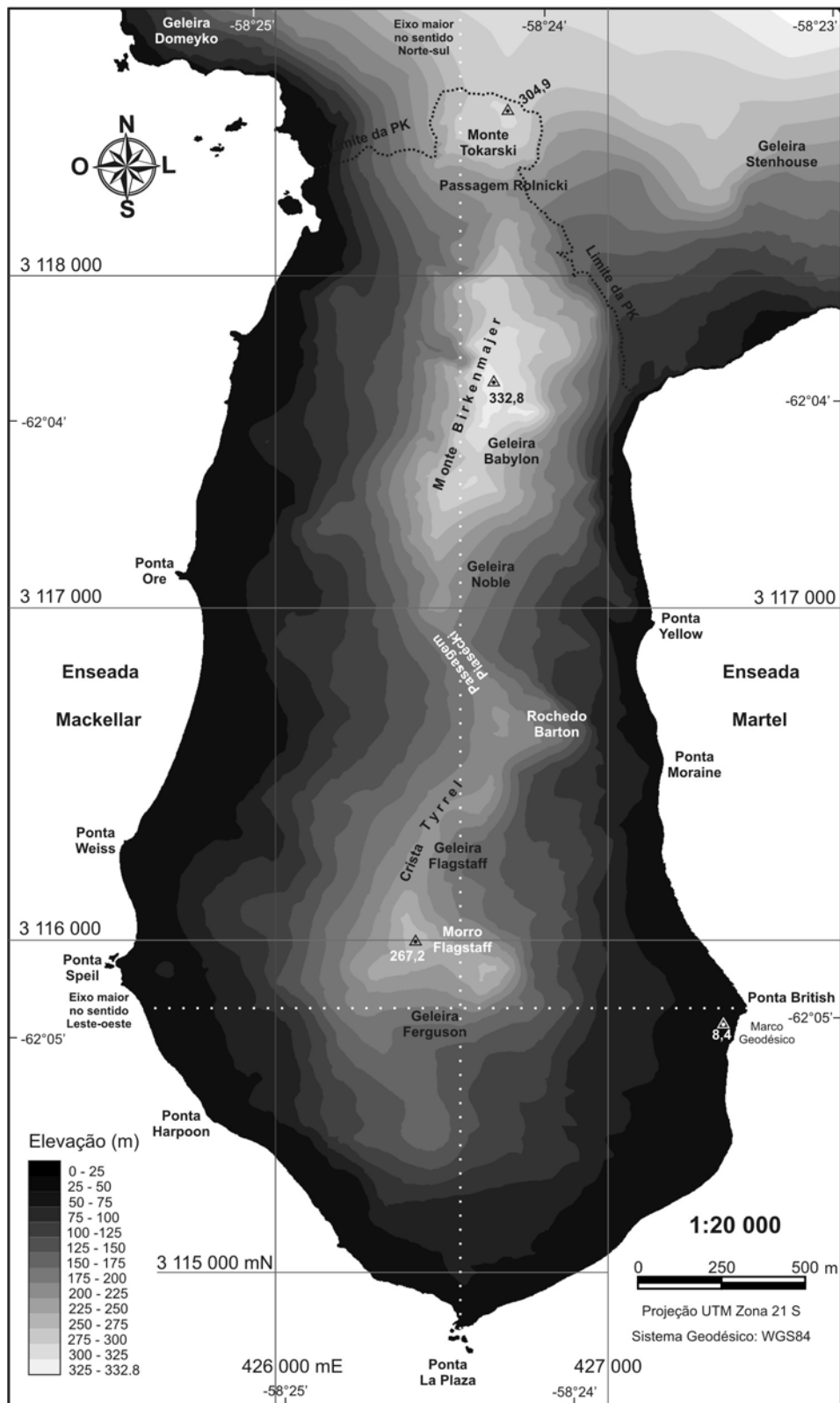


Fig. 2 – Mapa hipsométrico derivado do MDT da PK.

2.4 Mapas de declividade e aspecto

Os mapas de declividade da PK (Fig. 3) e da EACF (Fig. 5c) foram elaborados com seis classes temáticas, definidas com os mesmos valores percentuais

utilizados em estudo de Francelino *et al.* (2004), para possibilitar comparações entre os dados desses estudos. Nos mapas de aspecto da PK (Fig. 4) e EACF (Fig. 5d), as classes foram definidas pelo ângulo azimutal de orientação das vertentes calculados no ArcGISTM.

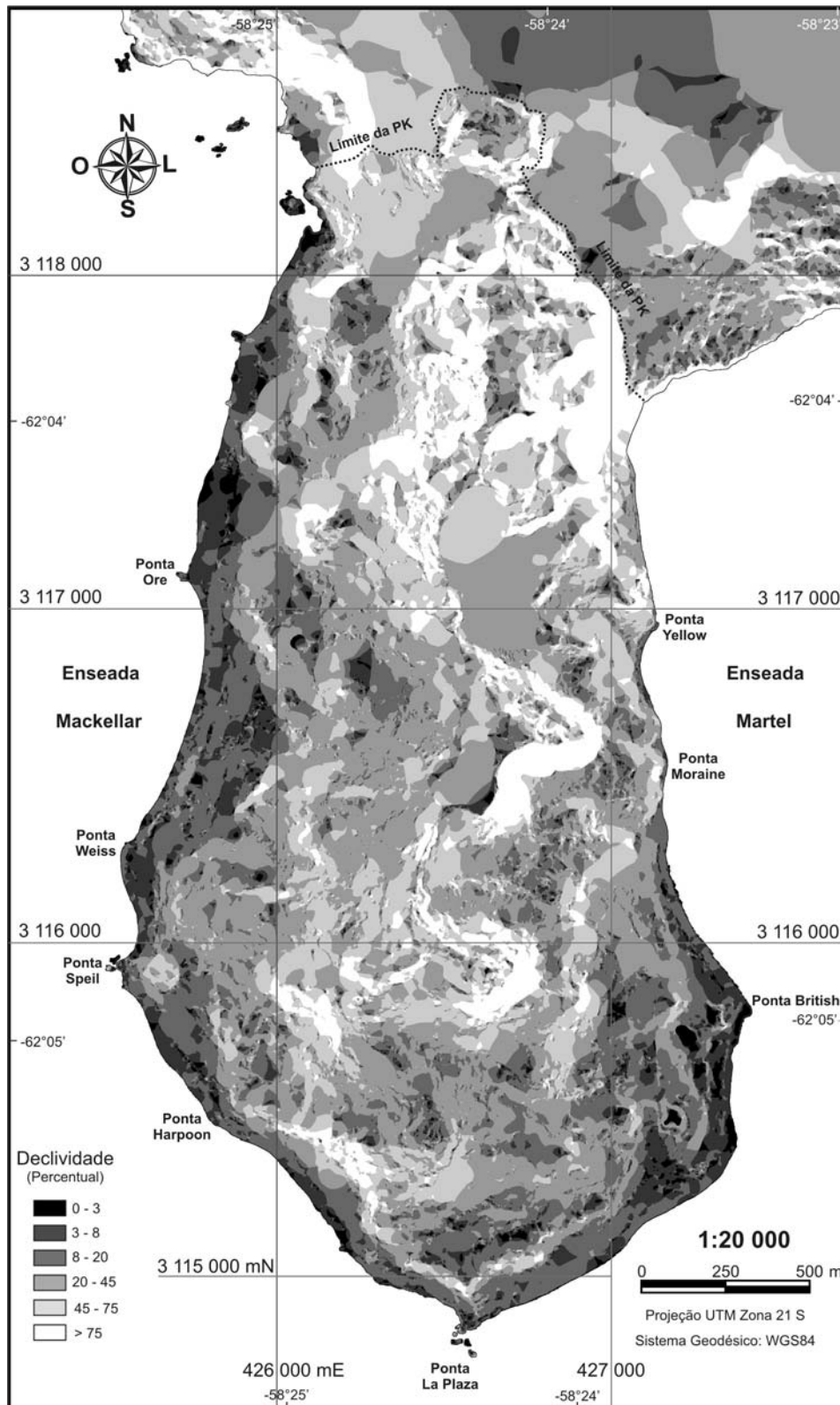


Fig. 3 – Mapa de declividade derivado do MDT da PK.

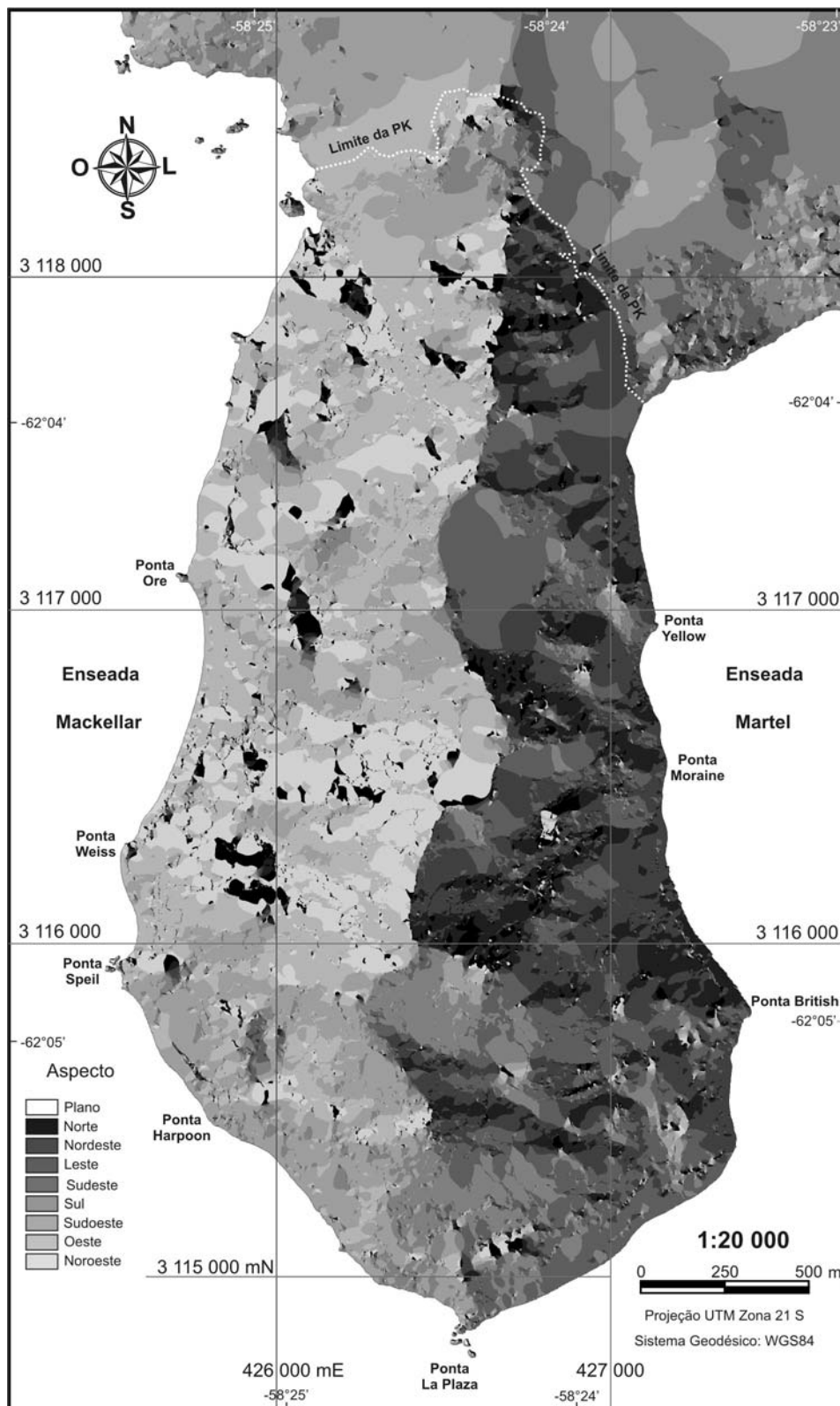


Figura 4 – Mapa de aspecto derivado do MDT da PK.

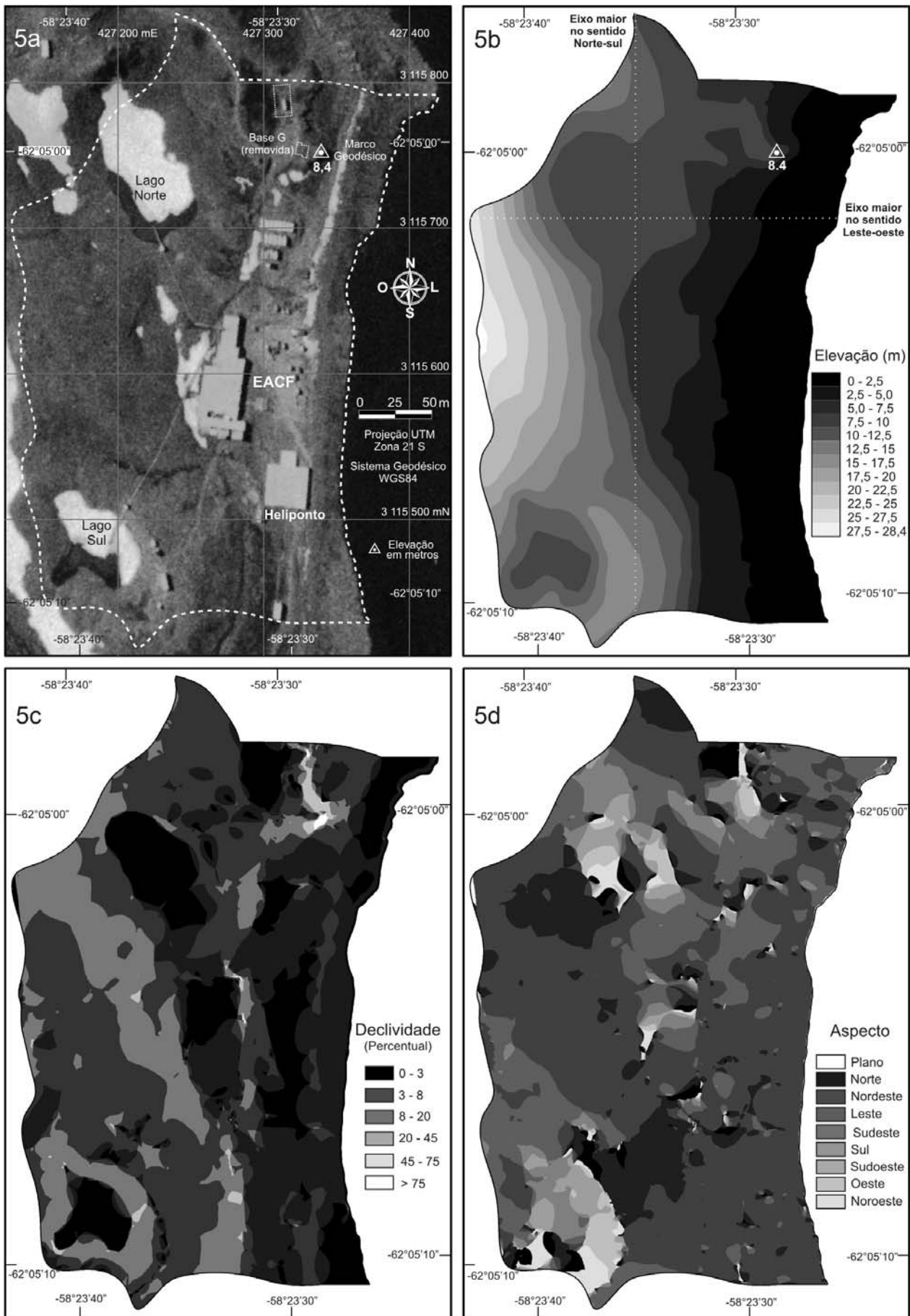


Fig. 5 – Ortofotocarta e mapas hipsométrico, de declividade e aspecto derivados do MDT da EACF.

2.5 Modelos de sombreamento analítico, visadas perspectivas e perfis topográficos

Os MDTs da PK e EACF foram utilizados para a geração de modelos de sombreamento analítico, como, por exemplo, os iluminados com ângulo solar azimutal de 315° e zenital de 45° (Fig. 6a e 7a, respectivamente). O MDT da PK e a ortofoto produzidos neste estudo foram utilizados para a geração de uma vista perspectiva da PK a partir da direção sul (Fig. 6b). Outro modelo perspectivado com essa mesma visada foi elaborado para a

área da EACF (Fig. 7b), com o uso do MDT da EACF e de uma fotografia aérea de pequeno formato (FAPEF) ortorretificada em estudo de Mendes Jr. *et al.* (2007). As edificações mapeadas na planta topográfica da EACF, com suas respectivas elevações, foram sobrepostas a esse MDT, para a geração de um Modelo Digital de Elevação (MDE), utilizado na elaboração dessa vista perspectiva. Quanto aos perfis topográficos deste estudo (Fig. 6c and 7c), estes foram elaborados a partir de alinhamentos nos sentidos norte-sul e leste-oeste traçados sobre o MDT da PK e da EACF.

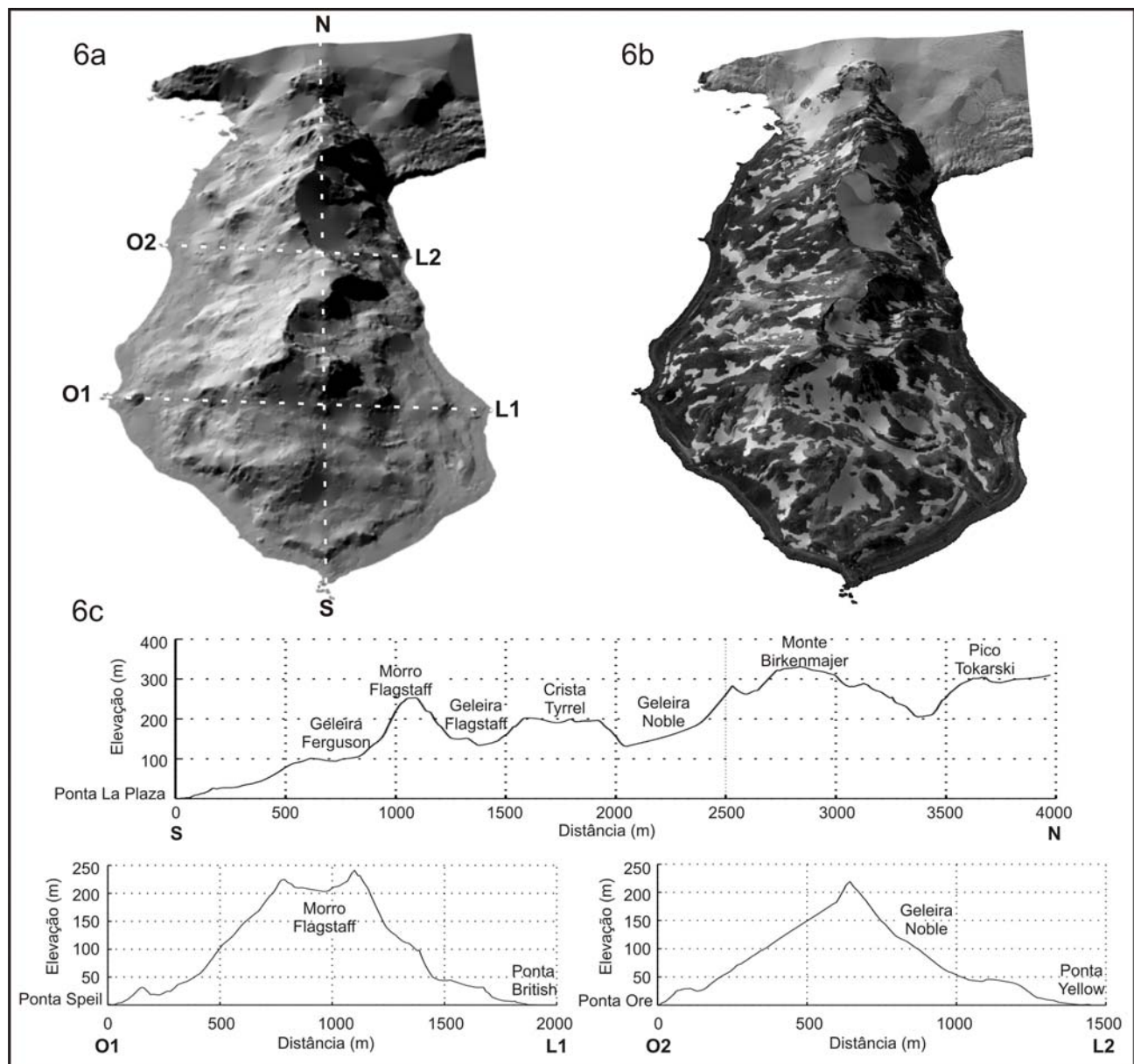


Fig. 6 – Modelo de sombreamento analítico e perfis topográficos derivados do MDT da PK, e visada perspectiva gerada a partir desse MDT e da ortofoto da PK.

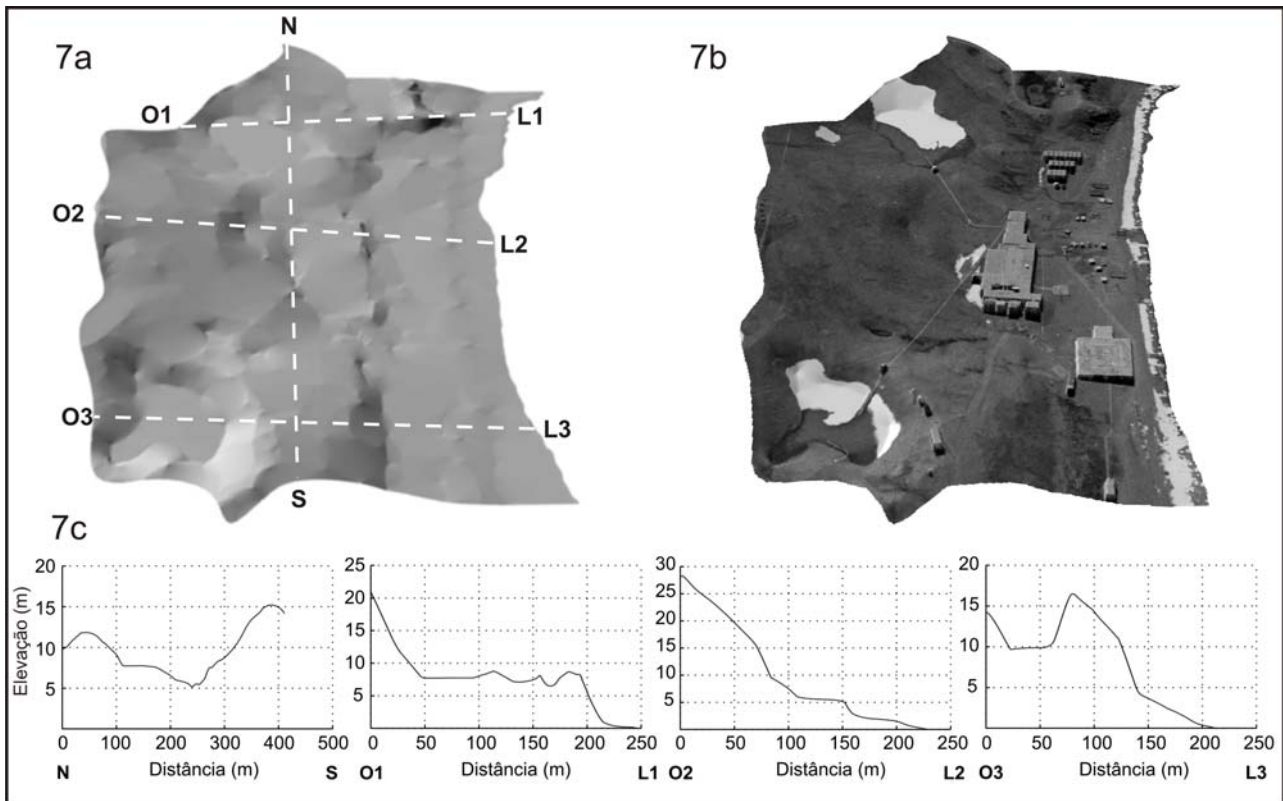


Fig. 7 – Modelo de sombreamento analítico e perfis topográficos derivados do MDT da EACF, e visada perspectiva gerada com o MDE e FAPEF de estudo de Mendes Jr. *et al.* (2007).

2.6 Quantificação e interpretação dos dados

As distâncias, perímetros, áreas e volumes das máscaras da PK e EACF (Tabela 1) foram quantificados no programa ArcGIS™, assim como as áreas absolutas e relativas de cada classe dos mapas hipsométrico, de

declividade e aspecto produzidos neste estudo (Tabelas 2, 3 e 5, respectivamente). Os dados de declividade calculados para a PK, incluindo a área das geleiras Domeyko e Stenhouse abrangidas pela ortofotocarta, foram comparados com dados de estudo de Francelino *et al.* (2004) e estão descritos na tabela 4.

TABELA 1 – DISTÂNCIAS, PERÍMETROS, ÁREAS E VOLUMES CALCULADOS A PARTIR DOS DADOS DO MDT DA PK E DA EACF.

Península Keller		
Perímetro = 10.971,836 m	Área = 451,487 ha	Volume = 433.834.975,840 m ³
Distâncias (m)		
Descrição dos alinhamentos	Horizontal	Superfície
Eixo maior no sentido norte-sul (Fig. 2)	3.972,016	4.295,908
Eixo maior no sentido norte-sul nos limites da PK (Fig. 2)	3.728,254	4.049,578
Eixo maior no sentido leste-oeste (Fig. 2)	1.818,050	1.902,022
Distância da ponta Speil à ponta British	1.905,526	2.034,204
Distância da ponta Weiss à ponta British	1.942,851	2.060,956
Distância da ponta Ore à ponta Yellow	1.450,457	1.545,152
Distância da ponta Ore à ponta Moraine	1.573,291	1.664,210
EACF		
Perímetro = 1.304,595 m	Área = 8,225 ha	Volume = 705.783,630 m ³
Distâncias (m)		
Descrição dos alinhamentos	Horizontal	Superfície
Eixo maior no sentido norte-sul (Fig. 5b)	413,523	414,319
Eixo maior no sentido leste-oeste (Fig. 5b)	251,517	254,925

TABELA 2 – ÁREAS ABSOLUTAS E RELATIVAS E ESTATÍSTICAS DAS CLASSES DO MAPA HIPSOMÉTRICO DA PK E DA EACF.

Península Keller			EACF		
Elevação (m)	Área (ha)	Área (%)	Elevação (m)	Área (ha)	Área (%)
0 – 25	108,286	23,985	0 – 2,5	1,881	22,869
25 – 50	64,474	14,280	2,5 – 5,0	1,011	12,292
50 -75	44,233	9,797	5,0 -7,5	0,865	10,517
75 - 100	44,495	9,855	7,5 - 10	1,513	18,395
100 -125	41,296	9,147	10 -12,5	0,851	10,347
125 - 150	35,403	7,841	12,5 - 15	0,705	8,571
150 - 175	29,974	6,639	15 – 17,5	0,485	5,897
175 - 200	26,282	5,821	17,5 - 20	0,279	3,392
200 - 225	19,502	4,320	20 – 22,5	0,303	3,684
225 - 250	13,852	3,068	22,5 - 25	0,215	2,614
250 - 275	9,737	2,157	25 – 27,5	0,103	1,252
275 - 300	8,865	1,963	27,5 - 30	0,014	0,170
300 - 325	4,175	0,925			
325 - 350	0,913	0,202			

Estatísticas (m)			Estatísticas (m)		
Mín. and Máx.	Média	Desvio-padrão	Mín. and Máx.	Média	Desvio-padrão
0 – 332,786	96,456	80,349	0 – 28,376	8,598	6,544

TABELA 3 - ÁREAS ABSOLUTAS E RELATIVAS E ESTATÍSTICAS DAS CLASSES DO MAPA DE DECLIVIDADE DA PK E DA EACF.

Declividade	Tipo de relevo	%	Península Keller		EACF	
			Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Plano	0 - 3		7,693	1,704	1,372	16,681
Suave Ondulado	3 - 8		33,954	7,520	2,124	25,824
Ondulado	8 - 20		90,531	20,052	3,085	37,508
Forte Ondulado	20 - 45		160,860	35,630	1,571	19,100
Montanhoso	45 - 75		100,471	22,253	0,066	0,802
Escarpado	> 75		57,978	12,841	0,007	0,085

Estatísticas (%)			Estatísticas (%)		
Keller Peninsula			EACF		
Mín. and Máx.	Média	Desvio-padrão	Mín. and Máx.	Média	Desvio-padrão
0 – 1.038,297	40,668	34,313	0 – 327,490	12,845	10,659

TABELA 4 – ÁREAS ABSOLUTAS E RELATIVAS DAS CLASSES DO MAPA DE DECLIVIDADE DA PK E DAS GELEIRAS DOMEYKO E STENHOUSE CALCULADAS NESTE ESTUDO E POR FRANCELINO *ET AL.* (2004).

Declividade	Tipo de Relevô	%	Península Keller e geleiras Domeyko e Stenhouse		
			Área (ha)	Área (%)	
				Este estudo	Francelino <i>et al.</i> 2004
Plano	0 - 3		8,511	1,472	6,8
Suave Ondulado	3 - 8		37,884	6,554	15,0
Ondulado	8 - 20		120,180	20,790	50,1
Forte Ondulado	20 - 45		211,392	36,569	23,4
Montanhoso	45 - 75		126,675	21,913	4,6
Escarpado	> 75		73,429	12,702	
Total			578,071	100	100

TABELA 5 – ÁREAS ABSOLUTAS E RELATIVAS DAS CLASSES DO MAPA DE ASPECTO DA PK E DA EACF.

Aspecto		Península Keller		EACF	
Tipo	Ângulo azimutal	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Plano	-	0,053	0,012	0,025	0,304
Norte	337,5 – 22,5	17,790	3,940	0,216	2,626
Nordeste	22,5 – 67,5	38,078	8,434	1,057	12,851
Leste	67,5 – 112,5	69,073	15,299	4,126	50,165
Sudeste	112,5 – 157,5	64,250	14,231	1,673	20,340
Sul	157,5 – 202,5	39,518	8,753	0,481	5,848
Sudoeste	202,5 – 247,5	64,893	14,373	0,278	3,380
Oeste	247,5 – 292,5	96,369	21,345	0,202	2,456
Noroeste	292,5 – 337,5	61,463	13,613	0,167	2,030

A PK apresenta uma área de aproximadamente 451,5 ha, com o eixo maior no sentido norte-sul de 3.728 m e o eixo maior no sentido leste-oeste com 1.818 m (Tabela 1). Incluídas as áreas das geleiras Domeyko e Stenhouse (Fig. 1), a PK apresenta uma área de cerca de 578 ha (Tabela 4) e um eixo maior no sentido norte-sul de 3.972 m (Tabela 1), que são valores muito próximos aos calculados por Francelino *et al.* (2004), de 580 ha e de 3.900 m e 1.840 m para os eixos norte-sul e leste-oeste, respectivamente.

Com base nos dados do MDT deste estudo, a elevação média da PK é de 96,5 m e a máxima de 332,8 m (Tabela 2). Os montes de maior elevação estão localizados na região norte dessa península: Birkenmajer, com 332,8 m, e Tokarski, com 304,9 m (Fig. 1, 2 e 6c). As áreas com altitudes de até 50 m representam cerca de 38,3% da área total da PK, enquanto que na área da EACF, com uma altitude média de 8,6 m e máxima de 28,4 m, predominam áreas com altitudes abaixo de 10 m (Fig. 2 e 5b e Tabela 2).

No mapa de declividade da PK (Fig. 3) o relevo foi classificado predominantemente como forte ondulado (35,6% da área total), seguido pelas áreas montanhosas (22,3%), onduladas (20%) e escarpadas (12,8%). A declividade média da PK é de 40,7%, com um desvio-padrão de 34,3%. (Tabela 3). Diferente do estudo de Francelino *et al.* (2004), em que o relevo da PK foi classificado como predominantemente ondulado, com as classes montanhosa e escarpada com menos de 5% da área total, no mapa topográfico desse estudo (incluindo as áreas das geleiras Domeyko e Stenhouse) o relevo é classificado como predominantemente forte ondulado (36,6% da área total), seguido pelas classes montanhosa (21,9%), ondulada (20,8%) e escarpada (12,7%), como pode ser observado na tabela 4. As áreas de maior declividade (montanhosas e escarpadas) estão localizadas nas encostas do morro Flagstaff e dos montes Birkenmajer e Tokarski, na escarpa da crista Tyrrel e nas áreas à montante das geleiras de circo da PK (Fig. 1 e 3).

Na área da EACF, o relevo é predominantemente ondulado (37,5%) e suave ondulado (25,8%), sendo também representativas as áreas forte onduladas (19,1%) e planas (16,7%). Próximas à linha

de costa, ocorrem áreas suave onduladas, onduladas e planas, sendo que estas últimas abrangem também as áreas dos lagos Norte e Sul (Fig. 5a e 5c). As classes montanhosa e escarpada abrangem menos de 1% da área total da EACF (Tabela 3), ocorrendo somente na encosta próxima das ruínas da antiga Base G inglesa e em taludes adjacentes ao prédio da EACF (Fig. 5a e 5c).

O relevo da PK é caracterizado pela predominância de vertentes com orientações oeste (21,3%) e leste (15,3%) e por poucas vertentes orientadas para o norte (3,9%) e nordeste (8,4%), enquanto que na área da EACF predominam vertentes orientadas para leste (50,2%) e sudeste (20,3%), conforme dados quantificados dos mapas de aspecto (Fig. 4 e 5d), descritos na tabela 4.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados do mapa topográfico e seus produtos cartográficos derivados poderão ser utilizados em projetos de pesquisa multidisciplinares, podendo ser integrados ao *Antarctic Digital Database* (ADD – SCAR, 2007), aos SIGs da ilha Rei George (Vogt *et al.*, 2004) e da AAEG da baía do Almirantado (Arigony-Neto *et al.*, 2004), bem como serem utilizados na criação de outros mapas temáticos, a partir de sua combinação com outros dados georreferenciados.

AGRADECIMENTOS

Ao prof. Dr. Márcio Rocha Francelino (Núcleo de Estudo de Planejamento e Uso da Terra - Universidade Federal de Viçosa), pela disponibilização das FAPEFs do projeto Criossolos. Os autores agradecem aos membros do conselho consultivo da RBC pelas contribuições dadas ao artigo. Este estudo foi financiado pelo Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (projeto 55.0364/2002-1). Cláudio W. Mendes Jr. agradece o CNPq pela bolsa de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARIGONY-NETO, J.; SIMÕES, J.C.; BREMER U.F. Implementation of the Admiralty Bay Geographic Information System, King George Island, Antarctica. **Pesquisa Antártica Brasileira**, v.4, p.187-190, 2004.

BURROUGH, P.A.; MCDONNELL, R.A. **Principles of Geographical Information Systems**. Oxford, Oxford University, 1998. 333 p.

FONSECA JR., E.S.; ERWES, H.J.B.; FAZAN, J.A.; SASSAKI, A.S.A.; CORREIA, E. Levantamento topográfico plani-altimétrico da Estação Antártica Comandante Ferraz. In: XIV Simpósio Brasileiro sobre Pesquisa Antártica, São Paulo. 2006. **Anais**. p.111-112, 2006.

FRANCELINO, M.R.; SCHAEFER, C.E.G.R.; FERNANDES FILHO, E.I.F.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R.; SIMAS, F.N.B.; MOREIRA, G.F. Geoformas da Península Keller, Antártica Marítima: subsídios ao monitoramento ambiental. In: SCHAEFER, C.E.G.R.(Ed.); FRANCELINO, M.R.; SIMAS, F.N.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R. **Ecosistemas costeiros e monitoramento ambiental da Antártica Marítima**, Viçosa, NEPUT, 2004. p.15-25.

MENDES JR., C.W.; VELHO, L.F.; DANI, N.; SIMÕES, J.C. Geração de um Modelo Digital do Terreno e de Ortofotocarta para a região da Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF) a partir de fotografias de pequeno formato. In: XV Simpósio

Brasileiro sobre Pesquisa Antártica, São Paulo. 2007. **Anais**. p.27-28, 2007.

MENDES JR., C.W.; DANI, N.; ARIGONY-NETO, J.; SIMÕES, J.C.; VELHO, L.F.; RIBEIRO, R.R.; PARNOW, I.; BREMER, U.F.; FONSECA JR., E.S.; ERWES, H.J.B. Elaboração de um mapa topográfico na escala 1:5.000 para a Península Keller, ilha Rei George, Antártica. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.62, n.3, p.xxx-xxx, 2010.

SCAR – Scientific Committee on Antarctic Research. **Antarctic Digital Database Version 3. Documentation**. Disponível em: <<http://www.add.scar.org:8080/add/documentation.jsp>>. Acesso: 20 março 2007.

SCHAEFER, C.E.G.R.; FRANCELINO, M.R.; SIMAS, F.N.B.; COSTA, L.M. Geologia e geotectônica da Península Keller, Antártica Marítima. In: SCHAEFER, C.E.G.R.(Ed.); FRANCELINO, M.R.; SIMAS, F.N.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R. **Ecosistemas costeiros e monitoramento ambiental da Antártica Marítima**, Viçosa, NEPUT, 2004. p.7-13.

SIMÕES, J.C.; DANI, N.; BREMER, U.F., AQUINO, F.E.; ARIGONY-NETO, J. Small cirque glaciers retreat on Keller Peninsula, Admiralty Bay, King George Island, Antarctica. **Pesquisa Antártica Brasileira**, v.4, p.49-56, 2004.

VOGT, S.; BRAUN, M.; JAÑA, R. The King George Island Geographic Information System project. **Pesquisa Antártica Brasileira**, v.4, p.183-185, 2004.