

Classificação das zonas superficiais de neve seca e úmida da Península Antártica por limiares altimétricos, de retroespalhamento e de razão de imagens SAR

Cláudio Wilson Mendes Júnior¹

Jorge Arigony Neto¹

Jefferson Cardia Simões²

Juliana Costi²

Adriano Gomes de Lemos¹

¹ Universidade Federal do Rio Grande – FURG/ICHI/LaCrio
Av. Itália, km 8 - 96201-900 – Rio Grande - RS, Brasil
geoclaudio@yahoo.com.br

² Universidade do Rio Grande do Sul - UFRGS/ CPC
Av. Bento Gonçalves 9500 – 91501-970 – Porto Alegre - RS, Brasil
juliana.costi@yahoo.com.br

Abstract. One of the most used techniques to classify the Wet Snow Zone (WSZ) in SAR imagery is the application of a knowledge-based algorithm with altimetric and backscattering thresholds. We propose the additional use of a synthetic image threshold by rationing summer and winter sigma linear images in order to identify this glacier facie based on its seasonal variations. The study area is the Antarctic Peninsula, which is a region where some of the most spectacular changes in glacial systems have happened for the last decades. In the proposed algorithm we used altimetric, backscattering and image ratio thresholds from previous studies. The input data were ENVISAT ASAR widesswath imagery, acquired in winter 2006 and summer 2007, the RAMP digital elevation model, and coastline and rock masks from the Antarctic Digital Database. These images were post-classified by a 5 x 5 focal majority filter, masked by rock outcrop data and the remaining areas of Antarctic Peninsula were classified as Dry Snow Zone (DSZ). The ratio threshold allowed discriminating WSZ from DSZ, radar shadows and transitional areas between this glacier facie and percolation zones, which would be classified incorrectly if only altimetric and backscattering thresholds had been used. Using these three thresholds simultaneously, we can detect the WSZ extension more accurately, which is an important parameter into models to estimate runoff variations, to predict its impacts on coastal environments, and their contribution to sea-level rise.

Palavras-chave: wet snow zone, Antarctic Peninsula, image rationing, zona de neve úmida, Península Antártica, razão de imagens.

1. Introdução

A análise de variações espaço-temporais dos limites de fácies ou zonas superficiais de neve e gelo (ZSNG) características de uma geleira, como as zonas de neve seca, percolação, neve úmida e de gelo exposto (Paterson, 1994), pode fornecer evidências de mudanças climáticas e glaciológicas que estão ocorrendo na Península Antártica (Rau *et. al.*, 2001). Dentre essas fácies de geleiras, dados da extensão da zona superficial de neve úmida (ZSNU), definida como a zona da superfície de uma geleira onde o pacote de neve está saturado de água (Paterson, 1994), podem ser usados como dados de entrada em modelos para se estimar o escoamento superficial de água e para a previsão de seus impactos em ambientes costeiros locais e da sua contribuição no aumento do nível médio dos mares.

Imagens de Radar de Abertura Sintética (SAR) têm sido utilizadas na teledetecção da ZSNU, com base nos seus baixos valores de retroespalhamento, resultantes da alta absorção da radiação eletromagnética (REM) pela água líquida que pode estar presente no pacote de neve superficial. Dentre esses tipos de sensores, imagens do ASAR (*Advanced Synthetic Aperture Radar*), a bordo do satélite ENVISAT (*Environmental Satellite*), podem ser aplicadas em estudos de massas de neve e gelo. Operando na banda C (comprimento de onda de 5,6 cm), o ASAR produz imagens que podem ser utilizadas para discriminar diferentes

ZSNG. Esse sensor possui um modo de aquisição denominado de *widesswath* (WS), que apresenta grande área de recobrimento sobre a superfície terrestre (aproximadamente 164.000 km²) e resolução espacial média (75 m), sendo assim adequada para estudos em escala regional, como é o caso da Península Antártica.

Para a classificação da ZSNG em imagens SAR, uma das técnicas mais utilizadas é a de alocação (*labelling*), onde cada *pixel* da imagem é rotulado a uma ZSNG, com base em limiares (*thresholds*) de retroespalhamento definidos pelo usuário. Arigony-Neto (2006) e Arigony-Neto *et al.* (2006) desenvolveram um algoritmo de classificação por regras de decisão para detectar os limites de ZSNG em um área-tampão (*buffer*) de 600 m ao longo da linha central de fluxo de geleiras da Península Antártica, em imagens ERS-1/2 (*European Remote Sensing Satellite*) AMI (*Active Microwave Instrument*) SAR e ENVISAT ASAR. Nesse algoritmo de classificação, os *pixels* foram alocados a classes de ZSNG de acordo com valores limiares do coeficiente de retroespalhamento (σ^0) das imagens SAR e com limiares altimétricos extraídos automaticamente de um Modelo Digital de Elevação (MDE).

Mais recentemente, Arigony-Neto *et al.* (2007a) e Arigony-Neto (2009) determinaram empiricamente um valor limiar da razão de imagens SAR de verão e inverno e aplicaram este limiar e um de retroespalhamento para detectar mais precisamente a ZSNU, com base nas suas variações sazonais. Esses autores observaram que *pixels* com valores menores do que 0,4 em imagens sintéticas resultantes da razão entre imagens SAR do verão e inverno austrais na escala sigma linear ($\sigma_{\text{linear}}^{\text{Verão}} / \sigma_{\text{linear}}^{\text{Inverno}} < 0,4$), correspondiam a áreas de ZSNU. Esse limiar possibilita discriminar a ZSNU de uma Zona Superficial de Neve Seca (ZSNS), que também apresenta baixo retroespalhamento, porém resultante da alta profundidade de penetração da radiação de micro-ondas nos depósitos de neve superficiais de baixa densidade e com cristais uniformes de pequeno tamanho que caracterizam essa última zona de geleira.

O presente estudo propõe a aplicação dos limiares altimétricos, de retroespalhamento e da razão de imagens dos estudos citados anteriormente em um algoritmo de classificação por regras de decisão, para a detecção mais precisa em imagens SAR das zonas de neve seca e úmida de geleiras da Península Antártica.

2. Metodologia

Neste estudo, foram utilizadas imagens do sensor ASAR WS, cobrindo a região da Península Antártica (órbita n° 23, do tipo descendente), obtidas em 28/06/2006, 02/08/2006 e 24/01/2007. A metodologia consistiu basicamente no pré-processamento e na classificação da ZSNU e ZSNS nessas imagens.

2.1 Pré-processamento das imagens ASAR

As imagens ASAR WS usadas neste estudo são do tipo 1P, com correções radiométricas relativas à antena, mas sem correções para os efeitos radiométricos induzidos pelo terreno iluminado, não sendo georreferenciadas e com dados na projeção do tipo alcance no terreno - *ground range* (ESA, 2007). Os arquivos digitais dessas imagens foram importados para o NEST (*Next ESA SAR Toolbox*), que foi usado para a calibração radiométrica, filtragem e ortorretificação das imagens ASAR WS, executadas a partir de uma cadeia de processamento construída nesse programa.

Os algoritmos implementados na calibração radiométrica do NEST baseiam-se em Rosich e Meadows (2004). Nesse algoritmo, os parâmetros utilizados para a calibração radiométrica são o ângulo de incidência, a constante de calibração absoluta, o padrão de ganho da antena e a perda propagada no *range* (ESA, 2012).

A filtragem do ruído *speckle* consistiu na próxima etapa da cadeia de processamento. O filtro utilizado foi do tipo mediana, com uma janela móvel 3 x 3 *pixels*, que apresentou bons resultados na redução do *speckle*, na suavização das imagens e na preservação dos limites das

bordas das feições. O filtro mediana, além de ser um método simples e de fácil implementação computacional, demanda um tempo relativamente baixo de processamento comparado com o de outros filtros e pode ser considerado como um dos métodos mais eficientes no processamento de imagens SAR para a classificação de fácies de geleiras (Arigony-Neto, 2006).

Na etapa de ortorretificação das imagens ASAR, o NEST utiliza os metadados das imagens (geometria de aquisição, parâmetros do sensor, orbitais e das efemérides), além de ser necessário o uso de um MDE. Para tanto, foi utilizado o MDE do *Radarsat Mapping Project - RAMP* (Liu *et al.*, 1999), que possui uma resolução espacial de 200 m, dados na projeção estereográfica polar, que foram convertidos para coordenadas geográficas, com o elipsóide de referência WGS84 (*World Geodetic System 1984*), por meio do programa ERDAS Imagine™ (*Leica Geosystems Geospatial Imaging, LLC*). Estas são as mesmas referências cartográficas presentes nos metadados das imagens ASAR originais e foram também utilizadas para a geração das imagens ASAR ortorretificadas, sendo o método de interpolação utilizado o do vizinho mais próximo, o qual preserva mais os valores originais de retroespalhamento do que interpoladores do tipo bilinear ou convolução cúbica. As imagens ortorretificadas foram exportadas do NEST para o formato GeoTiff, sendo importadas para o ERDAS Imagine™, o qual foi utilizado para a conversão dos dados para o sistema de projeção azimutal equivalente de Lambert, com o elipsóide de referência WGS84, que é um sistema cartográfico recomendado pelo SCAR para a quantificação de áreas e de distâncias em regiões polares, em mapas de escalas maiores do que 1:1.000.000 (SCAR, 2012). Todas as imagens foram referenciadas a essa mesma projeção cartográfica, para possibilitar o cruzamento dos dados. Para o recobrimento da Península Antártica foram necessárias três imagens ASAR WS ortorretificadas (Figura 1), que foram mosaicadas para seu uso na classificação das zonas de neve seca e úmida.

2.2 Classificação das zonas de neve seca e úmida por critérios múltiplos

Para a exclusão de áreas imageadas que não seriam classificadas neste estudo, como as áreas oceânicas e de gelo flutuante (*i.e.*, *icebergs* e gelo marinho), foram utilizadas ferramentas de análise espacial do ERDAS Imagine™. Por meio desse programa, as imagens ortorretificadas foram cruzadas com uma imagem-máscara reprojeta da linha de costa da Península Antártica, obtida do *Antarctic Digital Database - ADD* (Liu e Jezek, 2004; SCAR, 2012). Como neste estudo deveriam ser fatiadas imagens ASAR WS de 2006, 2007 e 2008 e essa linha de costa do ADD foi gerada a partir de um mosaico RadarSat 1 SAR de 1997, foi necessário atualizá-la segundo a nova posição da frente de algumas plataformas de gelo. Assim, essa frente da geleira foi digitalizada sobre as imagens ASAR ortorretificadas e posteriormente usada no fatiamento das mesmas.

Três classes de cobertura do solo foram identificadas na área de estudo: ZSNS, ZSNU e rochas. A ZSNS abrange as áreas onde não ocorre água líquida no pacote de neve superficial, como a zona de neve seca e a de percolação, além da zona de gelo exposto. Para a classificação da ZSNU, foi utilizado o algoritmo de classificação por regras de decisão desenvolvido por Arigony-Neto (2006), implementado na linguagem SML do ERDAS Imagine™. Nesse algoritmo, a ZSNU é classificada de acordo com limiares de retroespalhamento ($-14 > \sigma^0 > -25$), definidos com base em estudo de Rau *et al.* (2001), e por limiares altimétricos (H) para as regiões norte e sul da Península Antártica ($H < 800$ m para a região sul e $H < 1200$ m para a região norte), determinados empiricamente por Rau e Braun (2002) e Rau (2003), e delimitados por Arigony-Neto (2006) e Arigony-Neto *et al.* (2007b).

Os limites norte e sul da Península Antártica foram digitalizados como polígonos, para separar essas duas regiões na linha de costa atualizada (2006/2007), e posteriormente convertidos para o formato raster. Foi definido um atributo para cada região e seus valores

foram inseridos no algoritmo de classificação. Os limiares altimétricos possibilitam discriminar a zona de neve seca da zona de neve úmida, mesmo quando ambas apresentam um retroespalhamento comum, entre -14 e -20 dB (Arigony-Neto, 2006).

Além dos limiares altimétricos e de retroespalhamento, foi implementado no algoritmo proposto neste estudo o limiar de razão de imagens ASAR de verão e inverno determinado por Arigony-Neto *et al.* (2007a) e Arigony-Neto (2009). Na razão de imagens, foram utilizadas imagens ASAR na escala sigma linear para a determinação do valor deste limiar, pois ao contrário das imagens SAR em decibéis, nestas primeiras não ocorrem o valor zero, que resultariam em valores indeterminados na razão de imagens, caso o mesmo ocorresse nas imagens de inverno. Os valores menores do que 0,4 ($\sigma_{\text{linear}}^{\text{verão}} / \sigma_{\text{linear}}^{\text{inverno}} < 0,4$) foram usados para discriminar as variações sazonais de retroespalhamento da ZSNU das áreas de ZSNS, cujas variações são pouco significativas, pois não ocorre derretimento no pacote de neve superficial mesmo no auge do verão austral.

As regras de decisão associam cada *pixel* da imagem ASAR à ZSNU, quando os valores altimétricos derivados do MDE, de retroespalhamento e da razão de imagens SAR estão contidos nos limiares definidos no algoritmo, produzindo assim uma imagem classificada dessa zona superficial. Além das regras de decisão, foi implementada nesse algoritmo uma função de filtragem de pós-classificação, do tipo *Focal Majority* (com uma janela móvel 5 x 5 *pixels*), para a geração de uma ZSNU mais contínua e coerente. *Pixels* não classificados em áreas de ZSNU geralmente correspondem a grandes fendas ou áreas de elevada declividade, que podem ser reclassificados com o uso desse tipo de filtro.

O algoritmo em questão não foi utilizado para a classificação de rochas, devido à ambigüidade existente entre esse alvo e as ZSNG em imagens radar. Para a representação dessa classe nos mapas temáticos, uma subcena das rochas da área de estudo, reprojetada e integrante do ADD (SCAR, 2012), foi sobreposta a cada imagem classificada ASAR pós-processada, através do ERDAS Imagine™. As áreas continentais não classificadas pelo algoritmo e sem cobertura de rochas foram reclassificadas como ZSNS. A cadeia de processamento da classificação das imagens ASAR e a localização da área de estudo estão representadas na Figura 1.

3. Resultados e discussão

Na ZSNU ocorre derretimento na estação de ablação e, conseqüentemente, diminui o retroespalhamento pela absorção da REM pela água líquida no pacote de neve, enquanto que no inverno, seu retroespalhamento aumenta consideravelmente, devido ao recongelamento da água líquida, resultando assim em valores baixos na razão de imagens. Esses valores diferem dos observados para as sombras de radar e para a ZSNS, que na razão de imagens podem ser próximos ou iguais a 1. Na Figura 2, pode-se observar que nas imagens ASAR de verão (A) e inverno (B) ocorreu uma variação significativa nos tons de cinza escuros (baixo retroespalhamento) para tons claros (alto retroespalhamento), entre os limites das áreas com altitude menor do que 800 m na região sul e 1.200 m na região norte da Península Antártica, que correspondem aos limiares altimétricos usados no algoritmo de classificação da ZSNU. A variação sazonal desses níveis de cinza é maior para a ZSNU do que para a zona de percolação (PC), onde ocorre derretimento superficial na estação de ablação e a água líquida penetra no pacote de neve e recongela. Essas duas zonas superficiais podem ser discriminadas em imagens SAR, pois a PC apresenta retroespalhamento maior do que a ZSNU, superior a -8 dB (Rau *et al.*, 2001) e, conseqüentemente, tons de cinza mais claros nas imagens.

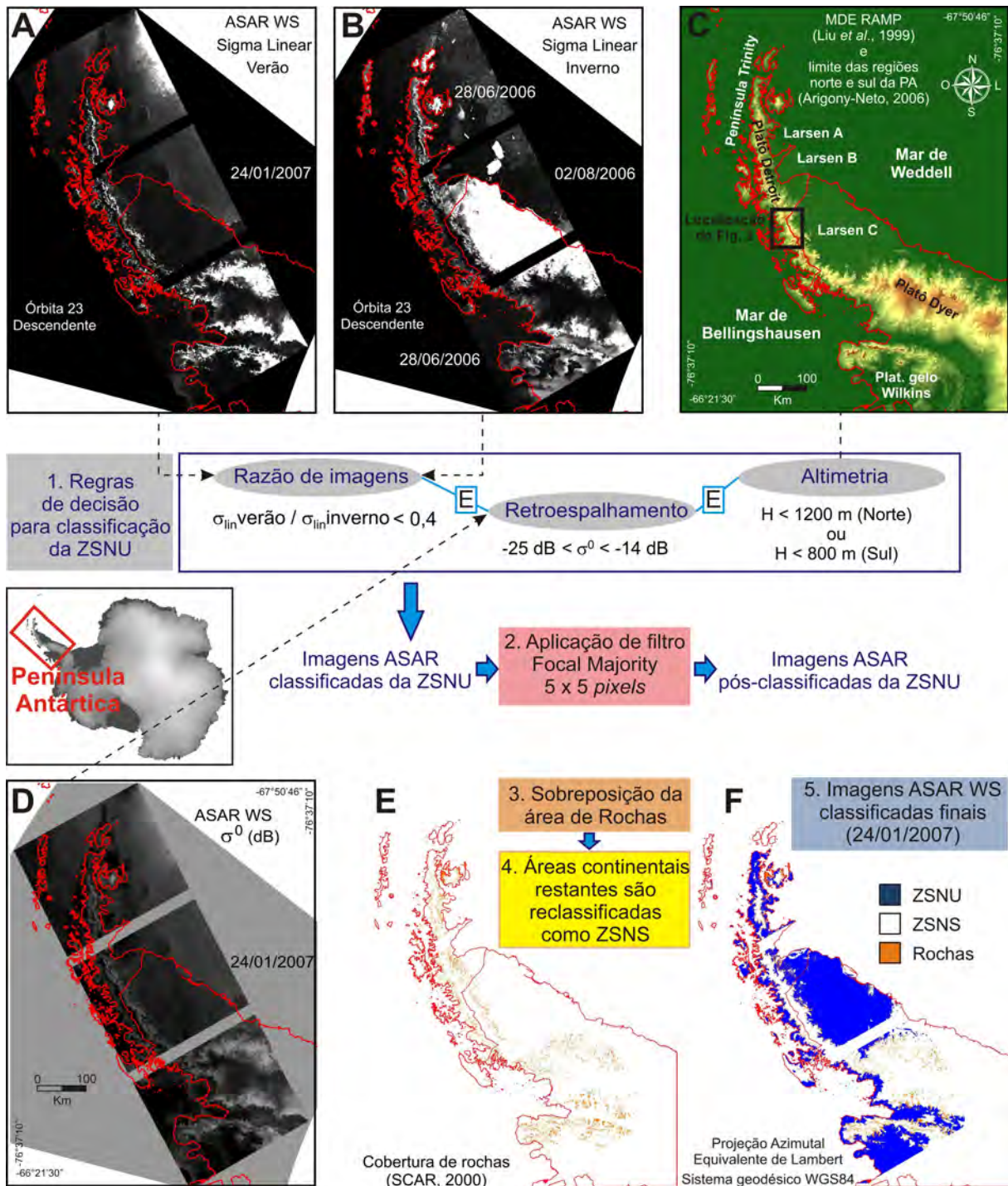


Figura 1. Cadeia de processamento usada na classificação da ZSNU e ZSNS em imagens ASAR. Foram utilizadas imagens ASAR WS de mesma órbita-ponto, de verão (A) e inverno (B) na escala sigma linear, e de verão na escala em decibéis (D), além de uma subcena do MDE RAMP e os limites das regiões norte e sul da Península Antártica (C). A ZSNU foi classificada com base nas regras de decisão da etapa 1, sendo posteriormente aplicado um filtro do tipo Focal Majority 5 x 5 pixels. Uma imagem de rochas do ADD foi sobreposta ao mosaico de imagens classificadas. As áreas continentais não classificadas na área de recobrimento das imagens ASAR foram reclassificadas como ZSNS.

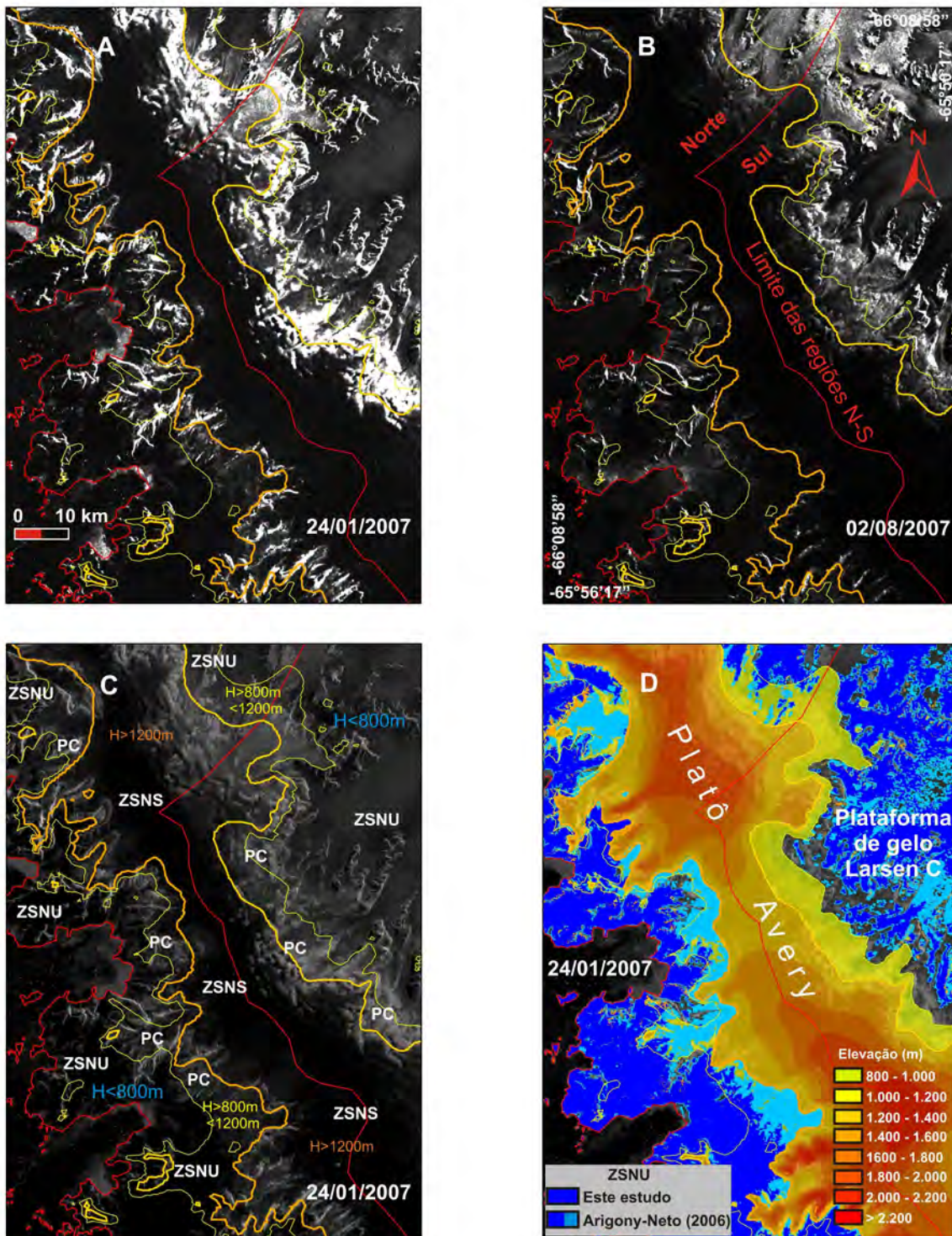


Figura 2. Subcenas ASAR de 24/01/2007, nas escalas linear (A) e decibel (C), e de 02/08/2006, na escala linear (B). Nessas imagens foram delimitados os limiares altimétricos de 800 m e 1.200 m das regiões norte e sul da Península Antártica, usados como critérios na classificação da ZSNU. Na Figura 2C, foram identificadas as zonas superficiais de percolação (PC), ZSNU e ZSNS. Na imagem ASAR classificada (D), foram mapeados os dados do MDE RAMP e as áreas de ZSNU classificadas pelas regras de decisão propostas neste estudo e por Arigony-Neto (2006), as quais também abrangem as áreas de ZSNU detectadas pelo algoritmo deste estudo. A localização das subcenas ASAR na Península Antártica está indicada na Figura 1C.

Nas áreas mais elevadas da Península Antártica, ao longo do platô Avery (Figura 2), os tons de cinza são escuros e não foi observada variação sazonal significativa dos níveis de cinza, pois não ocorreu derretimento do pacote de neve superficial, que são característicos de uma ZSNS. Na Figura 2D, estão mapeadas as ZSNU detectadas pelas regras de decisão propostas neste estudo e por Arigony-Neto (2006).

4. Conclusões e recomendações

A área classificada da ZSNU neste estudo será quase sempre menor (ou raramente igual) à classificada pelo algoritmo de Arigony-Neto (2006), pois o algoritmo deste estudo utiliza os mesmos limiares altimétricos e de retroespalhamento do estudo anterior, além do critério restritivo do limiar da razão de imagens SAR. Na Figura 2D, a ZSNU detectada pelo algoritmo de Arigony-Neto (2006) incluiu todas as áreas de ZSNU detectadas pelo algoritmo deste estudo, além de áreas com sombras de radar e de transição entre as zonas superficiais de percolação e neve úmida. Essas áreas não foram classificadas como ZSNU pelo algoritmo deste estudo, pois as pequenas variações sazonais do retroespalhamento das mesmas resultaram em imagens-razão com valores maiores do que o limiar definido. Assim, pode-se concluir que o uso do algoritmo de classificação proposto por Arigony-Neto (2006) superestima as áreas de ZSNU, ao incorporar essas áreas transicionais de ZSNG e sombras de radar.

Como afirmado anteriormente, as regras de decisão propostas por Arigony-Neto (2006) foram elaboradas para a classificação de ZSNG em áreas-tampão ao longo da linha central de fluxo de geleiras, onde os efeitos geométricos provocados pelo relevo são pouco significativos. Caso o estudo seja realizado nessas áreas específicas de uma geleira e não em sua extensão total, recomenda-se o uso dos limiares altimétricos e de retroespalhamento propostos por Arigony-Neto (2006), pois neste caso não será necessário o processamento de um volume maior de dados, como as imagens ASAR nas escalas sigma linear de verão e inverno. Por outro lado, para a classificação mais precisa da ZSNU na extensão total das geleiras, recomenda-se o uso adicional do limiar da razão de imagens neste algoritmo de classificação. O uso adicional dos limiares altimétricos possibilita aumentar a precisão da classificação da ZSNU, pois as esses limiares restringem a detecção da ZSNS nas áreas mais elevadas da Península Antártica, onde não ocorre derretimento no pacote de neve.

Para a discriminação das ZSNG de sombras de radar é necessário que as imagens de verão e inverno tenham sido obtidas com uma mesma geometria de iluminação e parâmetros da REM incidente, tais como o comprimento de onda, amplitude, fase e polarização. As imagens de referência devem ser preferencialmente do inverno anterior ou posterior às imagens de verão, para que as variações das áreas de ZSNU representem o ciclo sazonal de ablação e acumulação das geleiras. Nesta condição, atenuam-se efeitos cumulativos nas fácies superficiais de geleiras provocados por processos de ablação (desprendimento, erosão eólica, avalanches, etc.) ou acumulação (precipitação, transporte de neve e gelo para uma geleira, avalanches, etc.).

Uma série temporal de imagens SAR classificadas podem ser utilizadas para o monitoramento do derretimento de neve e gelo de geleiras. A extensão da ZSNU pode ser comparada com dados de estações meteorológicas, para verificar possíveis relações entre a variação espaço-temporal dessa zona superficial com a tendência de aquecimento observada na Península Antártica nas últimas décadas.

Agradecimentos

Este estudo é resultado do projeto PNPd/CAPES “Monitoramento da zona superficial de neve úmida do continente antártico (1978-2010) através da aplicação do modelo linear de mistura espectral em imagens dos sensores SMMR e SSM/I”. As imagens ASAR foram

fornecidas pela Agência Espacial Européia (ESA), através dos anúncios de oportunidade Cryosat (2658) e IPY (4032). Os autores são apoiados por bolsas da CAPES e CNPq.

Referências Bibliográficas

Arigony-Neto, J. **Monitoring glacier parameters on the Antarctic Peninsula – a centerline approach combining satellite and GIS data**. 2006. 136 p. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Ciências Ambientais e Florestais, Universidade de Freiburg (Albert-Ludwigs), Freiburg, 2006.

Arigony-Neto, J.; Saurer, H.; Jaña, R.; Rau, F.; Simões, J.C.; Goßmann, H. Monitoring snow parameters on the Antarctic Peninsula using satellite data: a new methodological approach. **EARSel eProceedings**, v.1, n.5, p.100-110, 2006.

Arigony-Neto, J.; Vogt, S.; Simões, J.C. Snowmelt dynamics of the Antarctic Peninsula as detected by SAR imagery during the austral summer 2006/2007. In: Simpósio Brasileiro sobre Pesquisa Antártica (SBPA), 15, 2007, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBPA, 2007a, v.1, p. 62.

Arigony-Neto, J.; Rau, F.; Saurer, H.; Jana, R.; Simões, J. C.; Vogt, S. A time series of SAR data for monitoring changes in boundaries of glacier zones on Antarctic Peninsula. **Annals of Glaciology**, v.1, n.46, p.55-60, 2007b.

Arigony-Neto, J. An automatic algorithm for monitoring the melting zone of the Antarctic Peninsula using ASAR WS data. In: MOCA-09: Our warming planet, 2009, Montreal. **Anais...** Montreal: IAMAS-IAPSO-IACS Joint Assembly, v. 1. p. J16.3-J16.3.

ESA. **ASAR handbook**. Berlin: ESA, 2007. Disponível em: <[HTTP://Envisat.esa.int/dataproducts/ASAR/cntr.htm](http://Envisat.esa.int/dataproducts/ASAR/cntr.htm)>. Acesso em: 12 dez. 2007.

ESA. **NEST (Next ESA SAR Toolbox) user manual**. Version 4C. Berlin: ESA, 2012. Disponível em: <http://nest.s3.amazonaws.com/docs/nest_user_manual-4C.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2012.

Liu, H.; Jezek, K.C.; Li, B. Development of Antarctic digital elevation model by integrating cartographic and remotely sensed data. **Journal of Geophysical Research**, n.104, p.23199-23213, 1999.

Liu, H; Jezek, K.C. A complete high-resolution coastline of Antarctica extracted from orthorectified RadarSat SAR imagery. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v.70, n.5, p.605-616, 2004.

Paterson, W.S.B. **The physics of glaciers**. Amsterdam: Elsevier, 1994. 480 p.

Rau F.; Braun, M.; Friedrich, F.; Weber, F.; GoßMann, H. Radar glacier zones and its boundaries as indicators of glacier mass balance and climatic variability. **EARSel eProceedings**, v.1, n.1, p.317-27, 2001.

Rau, F.; Braun, M. The regional distribution of the dry snow zone on the Antarctic Peninsula north of 70° south. **Annals of Glaciology**, n.34, p.95-100, 2002.

Rau, F. The upward shift of the dry snow line on northern Antarctic Peninsula. **EARSel eProceedings**, v.1, n.2, p.113-121, 2003.

Rosich, B; Meadows, P. **Absolute calibration of ASAR Level 1 products**. Berlin: ESA/ESRIN, 2004. 1 ed. (ENVI-CLVL-EOPG-TN-03-0010).

SCAR. **Antarctic Digital Database**. Version 6.0. Cambridge: Scientific Committee on Antarctic Research, 2012. Disponível em: < <http://www.add.scar.org/>>. Acesso em: 11 jun. 2012.

XVI SBSR
Simpósio Brasileiro de
Sensoriamento Remoto
Brazilian Remote
Sensing Symposium

13 a 18 de abril de 2013
Foz do Iguaçu, PR - Brasil

Complexo Rafain ExpoCenter

ANAIS
Proceedings

www.dsr.inpe.br/sbsr2013

FOZ DO IGUAÇU (PR)
Satélite A1/EO-1

Bandas MS-7 (R), MS-4 (G) e MS-5 (B)

Bandas MS-4 (R), MS-5 (G) e MS-3 (B)

Rafain
Meet & Collaborate Center

INPE

Ministério da
Ciência, Tecnologia
e Inovação

BRASIL

Copyright 2011-2012 © Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Todos os direitos reservados.

Anais do XVI SBSR

XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO
XVI Brazilian Remote Sensing Symposium

13 - 18 de abril de 2013

Foz do Iguaçu, PR

Editores

José Carlos Neves Epiphanyo
Lênio Soares Galvão



Ministério da
Ciência, Tecnologia
e Inovação

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO E PAÍS SEM POBREZA

São José dos Campos
2013