

## Proposta de metodologia para diferenciação de alvos glaciais na Península Antártica

Carina Petsch<sup>1</sup>  
Jefferson Cardia Simões<sup>2</sup>  
Dejanira Luderitz Saldanha<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Programa de Pós-Graduação em Geografia  
carinapetsch@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Professor do Programa de Pós-Graduação em Geografia  
jefferson.simoes@ufrgs.br  
dejanira.saldanha@ufrgs.br

**Abstract.** A glacier presents different surface areas -dry snow, wet snow, firn and ice with different spectral characteristics, and which can also vary due to sediment concentration, amount to liquid water or ice layers. However, when remote sensors image the glaciers, it is not always possible to distinguish these surfaces from other targets such as rocks, clouds or shadows. The objective of this research is to use the methodology known as Normalized Difference Index for Snow (NDSI), combined with Landsat ETM 7 bands combination, for differentiating features in the Joinville Island ice field. The operations with bands ETM 1, 2, 3 and 5 were done with Envi 4.0 software. The NDSI technique did not obtain good results for the delimitation of the clouds, while clearly high light exposed rock formations. After various tests to achieve good target differentiation the best results were:  $((ETMBand1 + 2 + ETMBand 3) / (ETM Band5))$ . Based on information obtained from the NDSI and thematical operation between bands (above), it was possible to create a third classification where one can see the differentiation between targets: clouds, exposed rocks, shadows, accumulation and ablation areas and the presence of liquid water on the glaciers fronts. The technique of bands combinations was efficient because allowed differentiate glacial targets offering a identification preliminary of the study area.

**Key word:** remote sensing, image processing, glaciology, sensoriamento remoto, processamento de imagens, glaciologia.

### 1. Introdução

Uma geleira pode ser entendida como um sistema aberto de gelo que flui. A água entra no sistema como neve, que acumula e lentamente transforma-se em gelo (metamorfismo). O gelo flui através do sistema sob a ação da pressão exercida pelo seu próprio peso (ablação), deixando o sistema por evaporação, degelo e pelo processo de formação de *icebergs*, entre outros. O balanço entre a taxa de acumulação e a taxa de ablação determina o tamanho do sistema glacial (HAMBREY, 1994).

As zonas superficiais das geleiras – neve seca, neve úmida, firn, gelo - possuem suas características próprias de reflectância. Além disso, com o passar do tempo e envelhecimento da superfície da geleira, e vários níveis de impurezas e de detritos de cobertura podem causar variações nas assinaturas espectrais dos diferentes tipos de superfície (HALL, et al., 1990).

A reflectância dos tipos de superfície da geleira é uma característica primordial utilizada no mapeamento de zonas da geleira utilizando dados de sensoriamento remoto. As diferenças na reflectância medidas como valores digitais ou valores de brilho e de reflectância (%) em faixas de comprimento de onda diferentes auxiliam na delimitação da geleira de seus arredores bem como também na classificação dos tipos de superfície da geleira (REES, 2006).

O objetivo desta pesquisa é a utilização de uma metodologia conhecida, do Índice de Diferença Normalizada para Neve (NDSI), aliada a outros tipos de operações entre bandas do satélite Landsat ETM 7 para diferenciação de feições no campo de gelo da ilha Joinville.

Portanto, foi realizada a diferenciação e posterior classificação de rochas, nuvens, sombras, presença de água líquida, zona de ablação e zona de acumulação.

A Antártica é um continente com 13,6 milhões de quilômetros quadrados estando quase que na totalidade recoberto por neve e gelo, concentrando 90% do volume do gelo do planeta, cuja espessura média ultrapassa dois mil metros (SIMÕES *et al.*, 1995). A Ilha Joinville pertence ao arquipélago de mesmo nome, contemplando duas ilhas menores, a d'Urville (63°05'S – 56°20'W) e a Dundee (63°30'S-55°55'W). A ilha Joinville (**Figura 01**) se separa da Península Antártica pelo canal Antártica e localiza-se entre as coordenadas 63°00' – 63°30' S e 56°45' – 55°00' W.

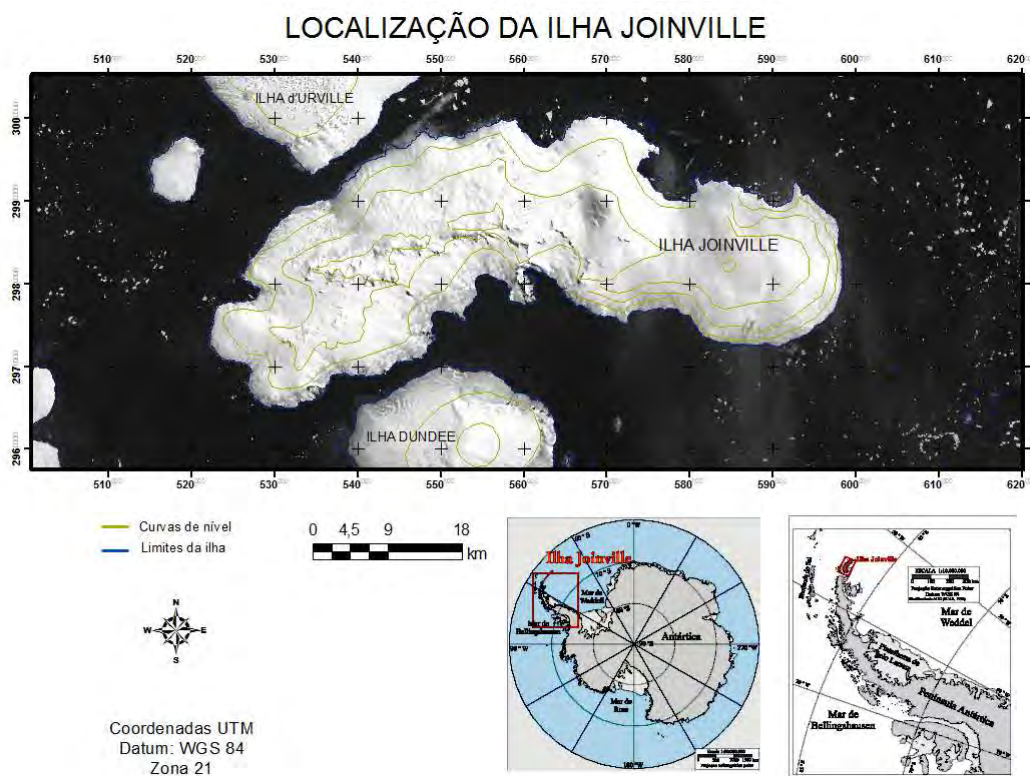


Fig. 01: Localização da área de estudo.  
Adaptado de Beck (2005).

## 2 – Materiais e métodos

O NDSI (Normalized Difference Snow Index) é análogo ao cálculo do índice de vegetação (NDVI) (TUCKER 1979, 1986; TOWNSHEND e TUCKER, 1984) e utiliza a alta e a baixa reflectância da neve nos intervalos espectrais do visível (verde) e da região das ondas curtas de infravermelho (SWIR) respectivamente. Como a reflectância de nuvens também é elevada na banda SWIR, é possível a separação destas duas feições. O NDSI permite discriminar nuvens, da neve e também pode delinear e mapear a neve na montanha e em locais sombreados (KULKARNI *et al* 2002). O NDSI é definido pela seguinte relação e varia de -1 a +1:

$$\text{NDSI} = (\text{TM Band 2} - \text{TM Band 5}) / (\text{TM Band 2} + \text{TM Band 5})$$

A imagem utilizada é satélite Landsat 7, sensor ETM da data de 29-01-2000. A imagem foi referenciada com base na carta topográfica da ilha Joinville no software

ArcGis 9.2. As operações entre as bandas foram realizadas no software Envi 4.0 utilizando as bandas ETM 1, 2, 3 e 5. A escolha da banda ETM 5 se justifica pelo fato de que os maiores contrastes na reflectância de gelo e neve acontecem nesta banda (REES, 2006). Após vários testes para se conseguir uma boa diferenciação superficial de nuvens, zona de neve seca, percolação e neve úmida (abaixo descritas) a operação com melhores resultados foi:

$$(( \text{ETM Band 1} + \text{ETM Band 2} + \text{ETM Band 3} ) / ( \text{ETM Band 5} ))$$

Paterson (1994) descreve as zonas glaciais, que serão apresentadas iniciando-se pela cabeceira (**Figura 02**):

- 1- **Zona de neve seca:** não ocorre derretimento nessa zona, mesmo no verão. Como resultado disso ocorrem processos de metamorfismo na estrutura da neve. O limite entre esta zona e a próxima é chamada de linha de neve seca;
- 2- **Zona de percolação:** algum derretimento ocorre na superfície. A água pode percolar certa distância dentro do pacote de neve a temperaturas abaixo de 0°C antes de recongelar.
- 3- **Zona de neve úmida:** nessa zona, no fim do verão toda a neve depositada desde o fim do último verão é elevado para 0°C. Todo pacote de neve está saturado de água e delimita-se entre a linha de neve úmida e a linha de neve<sup>1</sup>;
- 4- **Zona de gelo superimposto:** Zona da superfície de uma geleira onde ocorre derretimento total na superfície, mas a água percola alguns metros e recongela, formando lentes, camadas e glândulas de gelo;
- 5- **Área de ablação:** é a área abaixo da zona de equilíbrio.

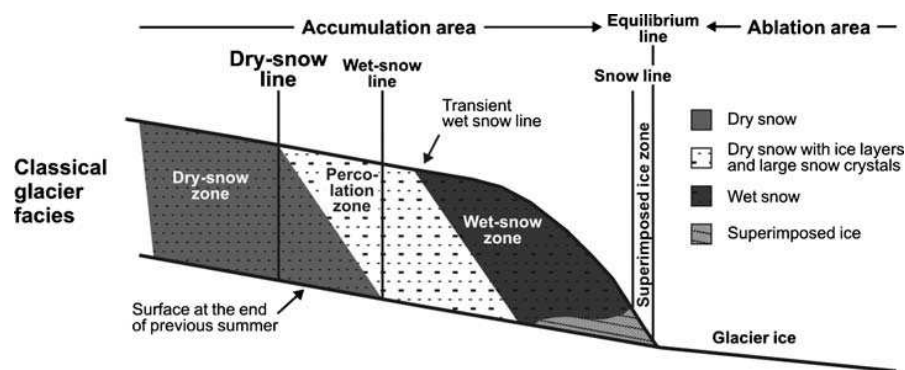


Fig. 02: Zonas de geleira Paterson (1994).  
 Fonte: Adaptado de Arigony-Neto *et al.* (2000)

Posteriormente as imagens derivadas da aplicação do NDSI e de uma nova operação entre bandas foram conjugadas e permitiram a geração de uma terceira classificação que contemplou os seguintes alvos: zona de acumulação, zona de ablação, rochas expostas, nuvens, sombras e água líquida na geleira.

<sup>1</sup> Linha de neve: A linha ou faixa que separa as áreas onde a *neve* caída desaparece no verão das áreas nas quais a neve permanece ao longo de todo o ano. A altitude da linha de neve é controlada pela temperatura atmosférica e pelo volume de neve precipitada (SIMÕES, 2004).

### 3- Resultados e discussões

Em quase todas regiões da Terra, nuvens podem ser detectadas pelo seu alto albedo no espectro visível e pela suas baixa temperatura. No entanto, essa abordagem não é adequada em áreas com cobertura de neve e gelo, pois tanto as nuvens como o gelo são brilhantes e inversões de temperatura na atmosfera acima dos mantos de gelo são comuns, deixando a superfície mais fria do que as nuvens. Formações de nuvens são geralmente distintas e passíveis de mapeamento em imagens, mas sua classificação automática nem sempre é tão fácil (CHOI e BINDSCHADLER, 2004). A técnica de NDSI foi escolhida justamente pela sua utilidade para a identificação de neve e do gelo, e também na discriminação da neve/gelo das nuvens (TUCKER 1979, 1986; TOWNSHEND e TUCKER, 1984). Contudo, para área da ilha Joinville essa técnica não obteve bons resultados para a delimitação das nuvens, enquanto que realçou claramente as formações rochosas expostas (**Figura 03**).

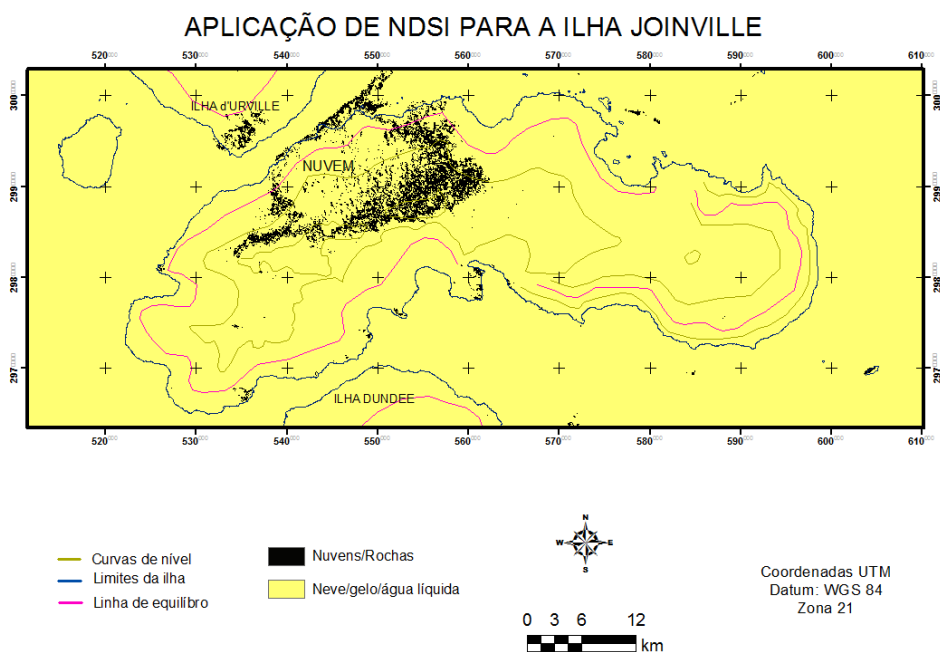


Fig. 03: Aplicação do NDSI para a Ilha Joinville.

A discriminação entre nuvens e gelo são baseadas em técnicas de diferenças de reflectância e suas características. As nuvens são altamente variáveis e podem ser detectadas pela sua reflectância geralmente maior nas partes visíveis e do infravermelho próximo do espectro eletromagnético (ROSSOW e GARDER, 1993), enquanto que a reflectância de neve cai na parte das ondas curtas do infravermelho. Baseado nessas informações, e após alguns testes foi possível realizar uma operação entre bandas para realce das zonas de neve seca, gelo superimposto, neve úmida e nuvens (**Figura 04**). A zona de ablação também pode ser identificada, mesmo que não com muita precisão, mas trata-se da área abaixo da linha em rosa (Altitude da Linha de Equilíbrio).

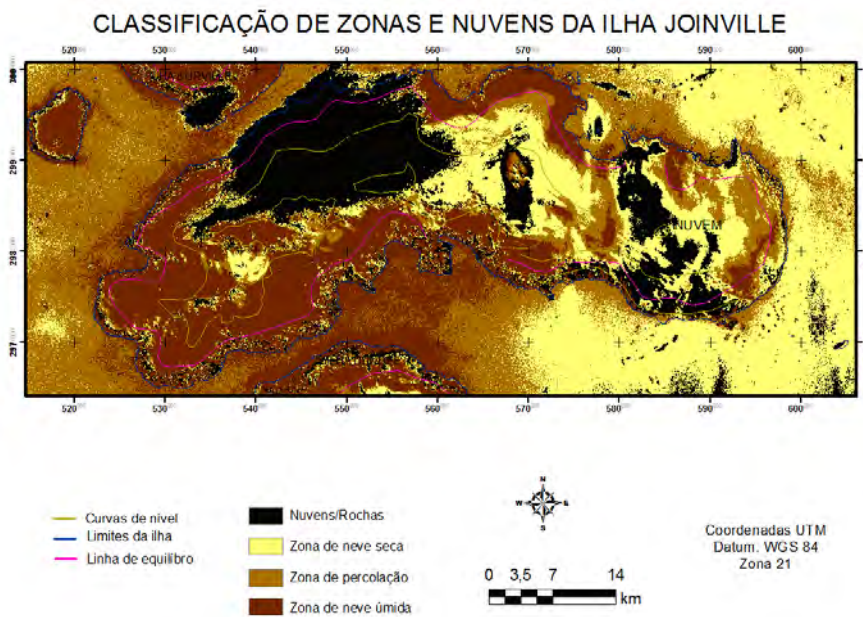


Fig. 04: Aplicação de operação entre bandas (( ETM Band 1 + ETM Band 2 + ETM Band 3) / (ETM Band 5)) para salientar algumas feições.

Com base nas informações obtidas com o NDSI e com a outra operação matemática entre as bandas foi possível criar uma terceira classificação (**Figura 05**) onde se pode visualizar a diferenciação entre todos alvos já citados. A presença de água líquida na parte frontal da geleira também pode ser detectada e caracteriza a zona denominada como de ablação e separada da zona de acumulação pela linha de equilíbrio. Pode-se definir esta linha (ou faixa) na superfície de uma geleira como o local onde, durante o período de um ano, a ablação é igual à acumulação (SIMÕES, 2004). A delimitação da linha de equilíbrio se baseou nos resultados da classificação e nos dados topográficos. Áreas com sombras também puderam ser classificadas.

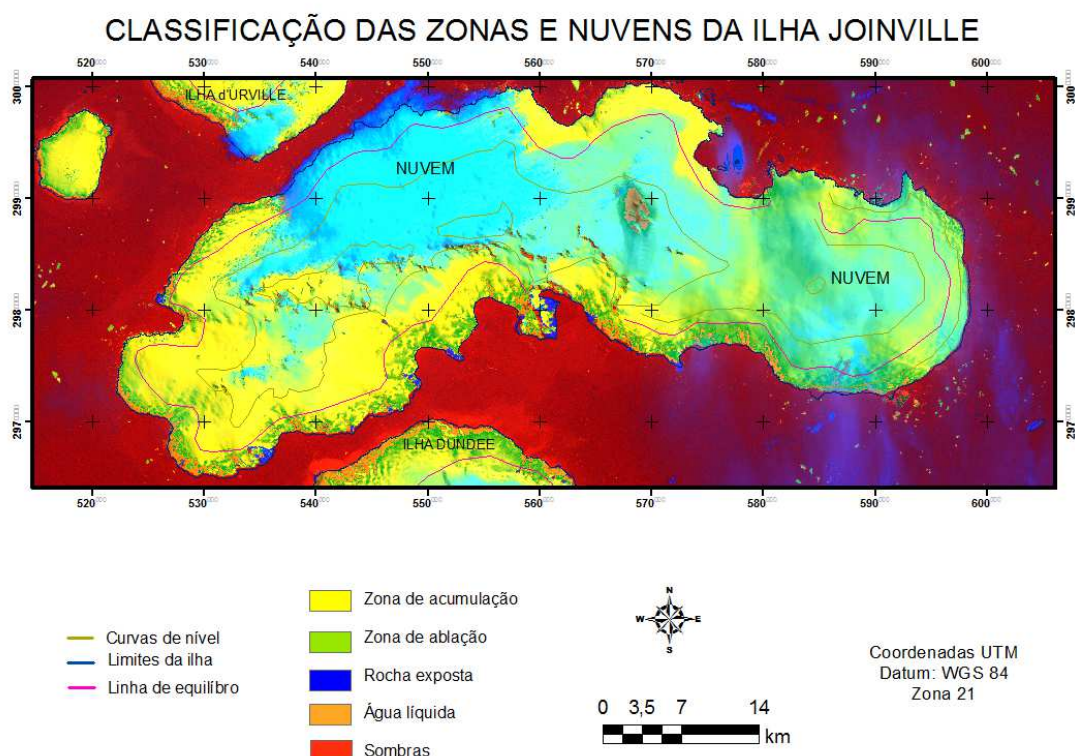


Figura 05: Classificação de alguns alvos da ilha Joinville.

#### 4. Considerações finais

A técnica de operação entre bandas foi eficaz pois permitiu individualizar alvos/objetos viabilizando assim uma identificação preliminar da área de estudo. Mesmo que a técnica de NDSI não tenha conseguido delimitar com precisão as áreas com nuvens, a parte das rochas expostas foram demarcadas com sucesso justificando seu uso nesta pesquisa. A partir da outra operação ( $(ETM \text{ Band } 1 + ETM \text{ Band } 2 + ETM \text{ Band } 3) / (ETM \text{ Band } 5)$ ) entre bandas realizada foi possível a obtenção dos limites das nuvens e demarcação entre a zona seca, zona de percolação, neve úmida e também da área de ablação. Unindo as duas imagens resultantes da aplicação das técnicas anteriores, não foi mais possível a identificação das zonas de forma detalhada, restringindo então as informações à área de acumulação e área de ablação. Contudo, visualiza-se nitidamente as áreas com nuvens, rochas expostas e uma nova informação: – zonas com sombras e a presença da água líquida na parte frontal das geleiras.

#### 5. Referências bibliográficas

BECK, C.D. (2005) **Morfologia e variações na cobertura de gelo da Ilha Joinville-Antártica, através de técnicas de sensoriamento remoto**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Geociências, UFRGS). 2005.

CHOI, H.; BINDSCHADLER, R. (2004) **Remote Sens. Environ.**, 91: 237–242.

KULKARNI, A. V.; SRINIVASULU, J.; MANJUL, S. S. e MATHUR, P. (2002). Field based spectral reflectance to develop NDSI method for the snow cover; **J. Indian Soc. Remote Sens.**, 30(1–2) 73–80.

HALL, D. K.; RIGGS, G. A. e SALOMONSON, V. V. (1995) Development of methods for mapping global snow cover using moderate resolution imaging spectroradiometer data; **Remote Sens. Environ.**, 54: 127–140.

HAMBREY, M. 1994. **Glacial Environments**, Londres, UCL Press, 296 p.

REES, G.W. (2006) **Remote Sensing of Snow and Ice**. Londres, Taylor and Francis, 285 p.

TOWNSHEND, J. R. G. e TUCKER, C. J. (1984) Objective assessment of advanced very high resolution radiometer data for land cover mapping; **Int. J. Remote Sens.**, 5: 497–504.

TUCKER, C. J. (1979) Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation; **Remote Sens. Environ.**, 8: 127–150.

**XVI SBSR**  
Simposio 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

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)

[www.dsr.inpe.br/sbsr2013](http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013)

Rafain  
INPE  
Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação  
BRASIL



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 Epiphânio  
Lênio Soares Galvão



Ministério da  
Ciência, Tecnologia  
e Inovação

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PAÍS RICO E PAÍS SEM POBREZA

São José dos Campos  
2013