

Identificação de crostas biológicas do solo em áreas livre de gelo na Ilha Nelson – Antártica Marítima

Edvan Casagrande dos Santos ¹
Anderson Ribeiro de Figueiredo ¹
Eliana Lima da Fonseca ¹
Jefferson Cardia Simões ¹

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Centro Polar e Climático
Porto Alegre - RS, Brasil
edvan.casagrande@ufrgs.br, anderson.figueiredo@ufrgs.br, eliana.fonseca@ufrgs.br,
jefferson.simoos@ufrgs.br

Abstract. The Biological Soil Crusts comprise those communities formed by the association of soil particles with microorganisms which living over the soil surface, such as mosses, cyanobacteria, algae, fungi, lichens and bryophytes. This type of soil cover can survive at extreme conditions, for example, in arid and semi-arid environments, at high or negative temperatures during most of the year, at high pH and salinity levels. The soils cover a very small fraction of the Antarctic surface, but their biological, physical and chemical properties, can be used as environment indicators about temperature and humidity changes at local scale. The objective of this work was the identification about ice free areas with and without biological soils crusts presence using the surface reflectance image in the near infrared region of the spectrum, acquired by ETM+/Landsat7 sensor and image classification procedures. The study area was located at Harmony Point - Nelson Island - Antarctic Maritime. The image classification results agreed with what was observed in all 23 plots sampled during the fieldwork. This result is due to the very distinct reflectance pattern at near infrared region showed by the snow/ice covered areas, the rocks/soils areas and the biological soil crusts areas, those are the remote sensing most common targets at the Antarctic periglacial environment.

Palavras-chave: biogeography, vegetation, flora, climate, biogeografia, vegetação, flora, clima.

1. Introdução

Por estar a Antártica coberta pela camada do manto de gelo, as mudanças climáticas são mais perceptíveis nessa região do planeta do que em outras, uma vez que a mudança sazonal na paisagem é marcante com a retração das geleiras e do gelo marinho. A cobertura do solo é um importante fator ambiental para se compreender tais mudanças. Os solos dessa região (chamados também de criossolos) cobrem uma fração muito pequena da superfície Antártica, entretanto oferecem propriedades biológicas, físicas e químicas muito peculiares, cujas alterações podem ser indicadores de mudanças na temperatura e no aporte de umidade do ambiente (Bremer, 2011).

As crostas biológicas do solo (CBS) abragem as comunidades formadas pela associação de partículas do solo com microrganismos, tais como musgos, cianobactérias, algas, fungos, líquens, hepáticas e briófitas, que vivem na superfície do solo. Esse tipo de cobertura do solo consegue sobreviver em condições extremas, por exemplo, em ambientes áridos e semiáridos, em temperaturas elevadas (acima de 70°C) e/ou negativas durante a maior parte do ano, em níveis de pH e salinidades altas. As CBS são colonizadores primários, ocupando regiões que a vegetação não consegue se estabelecer. Aumentam os teores de carbono orgânico no solo, e são capazes de realizar fotossíntese, mesmo em condições adversas para a vegetação (Jensen, 2011; Alonso et al., 2014). Segundo Alonso et al. (2014), estas comunidades bióticas cobrem as áreas desprovidas de vegetação principalmente em ecossistemas áridos e semiáridos modificando as propriedades do solo e influenciando muitos processos fundamentais para a operação desses ecossistemas. Embora, representem uma parte insignificante do perfil do

solo, as CBS regulam diversos processos que ocorrem na superfície deles e são indicadores positivos da estabilidade e proteção da superfície dos solos.

As pesquisas sobre o comportamento espectral das CBS foram predominantemente realizadas em ambientes áridos e semiáridos do planeta, onde predominam altas temperaturas, baixa precipitação (<100mm/ano) e incidência da luz solar durante todo o ano. Mostram-se importantes os estudos realizados por Karnieli et al. (2002), sobre o comportamento espectral das CBS (cianobactérias) no deserto de Negev, fronteira entre o Egito e Israel; Ustin et al., (2008), estudaram CBS (liquens, musgos e cianobactérias) no deserto de Nevada nos Estados Unidos da América; Alonso et al. (2014), no semideserto de Tabernas, sudeste da Espanha.

Chen et al. (2005), pesquisaram o comportamento espectral das CBS no deserto de Gurbantunggut, na China. O estudo deu ênfase no comportamento espectral dos liquens, e também dos musgos e algas. O deserto está localizado em uma região árida e com temperaturas baixas (média anual de 7°C). Foi avaliado o comportamento espectral para três crostas biológicas do solo, sendo elas, curvas para solos dominados por liquens, musgos e algas, verificando que as três CBS têm características espectrais semelhantes, mas se diferem na sua magnitude total da reflectância e na profundidade da zona de absorção dos pigmentos fotossintéticos. Karnieli et al. (2001), também verificaram esse padrão em crostas dominadas por cianobactérias. Apesar dessa absorção característica de vegetação, as crostas biológicas do solo não mostram o pico de reflectância em 0,55 µm (banda do verde), como no caso das plantas. Entre as três CBS, as algas apresentam uma maior reflectância do que os liquens e os musgos entre o intervalo de 0,40 µm e 0,80 µm, também é caracterizada por uma absorção muito baixa em 0,675 µm. Segundo Ustin et al. (2008), os musgos são os mais distintos entre as CBS, tendo uma absorção profunda na região do vermelho, e absorções mais rasas em comprimentos de onda do azul e verde. As crostas dominadas por musgos tem um padrão semelhante de planta verde, mas sem apresentar um pico de reflectância em 0,55 µm. Os liquens exibem uma reflectância menor (inferior 20%) em todo o espectro eletromagnético, e tem como característica absorção fraca em 0,685 µm (Chen et al., 2005; Zhang et al., 2007; Weber et al., 2008; Jensen, 2011).

A cobertura vegetal no continente Antártico está restrita a porção da Península Antártica, sendo a maioria encontrada apenas durante os verões austrais, quando o solo está praticamente livre do gelo e da neve (Alberti et al., 2002). Essas coberturas vegetais ocupam uma área restrita na Península, concentrando-se principalmente próximo da linha costeira (Francelino, 2006), sendo a flora nessa região é constituída principalmente por vegetais inferiores, com presença de cianobactérias, algas verdes, musgos, liquens, e com ocorrência de algumas espécies de vegetais superiores (gramíneas). Peat et al. (2007), acrescenta que o continente Antártico é o único em que a flora é dominada exclusivamente por grupos de plantas inferiores.

O objetivo desse trabalho é a identificação das áreas livre de gelo com e sem presença de crostas biológicas a partir de imagem de reflectância de superfície do sensor ETM+/Landsat7 e procedimentos de classificação de imagens em Harmony Point – Ilha Nelson - Antártica Marítima.

2. Metodologia

A área de estudo (Figura 1) situa-se em Harmony Point, que está localizada na costa oeste da Ilha Nelson, Antártica Marítima, fazendo parte da Área Antártica Especialmente Protegida 133 (ASPAs). As ASPAs são áreas protegidas no continente Antártico e que foram estabelecidas em 1961 sob o Tratado Antártico. Harmony Point possui uma área de 3,63km² e a ASPA 133, 30,69 km². A Ilha Nelson localiza-se a 110 quilômetros do continente Antártico, e faz parte do conjunto de ilhas Shetland do Sul, com área aproximada de 200 km². A ASPA 133 é o abrigo de comunidades da fauna, especialmente de aves (pinguins), de plantas, como

os musgos, os líquens, as algas e outros. Os ninhais encontrados em Harmony Point são de suma importância na formação dos solos e no estabelecimento da cobertura vegetal, são eles que originam os depósitos e solos ornitogênicos. As rochas existentes na Ilha Nelson são de origem vulcânica (andesitos), sendo que 90% delas estão cobertas pelo manto de gelo. Os verões registram temperaturas médias de 3° Celsius, e no inverno -11° Celsius. O ponto mais elevado na ilha está a 313 metros acima do nível do mar.

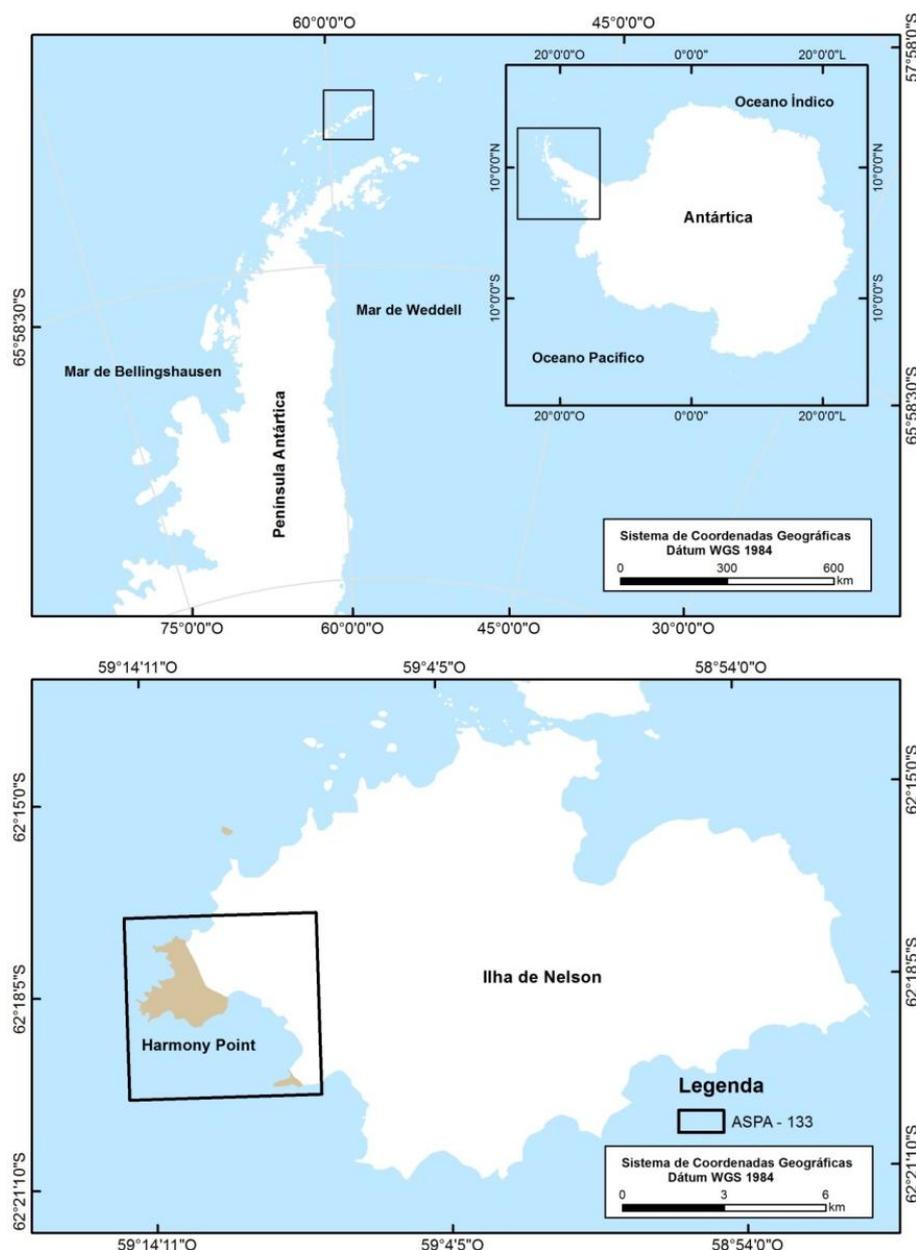


Figura 1. Localização da área de estudo.

O trabalho de campo foi realizado durante o verão no hemisfério sul, de 13 a 20 de fevereiro de 2015, fazendo parte das atividades da OPERANTAR XXXIII. Foram coletadas informações em 23 pontos (Figura 2), os quais foram distribuídos em transectos ao longo do gradiente do relevo. Em cada ponto foram coletadas as coordenadas geográficas com utilizando um receptor de GPS portátil, e o tipo de cobertura do solo.

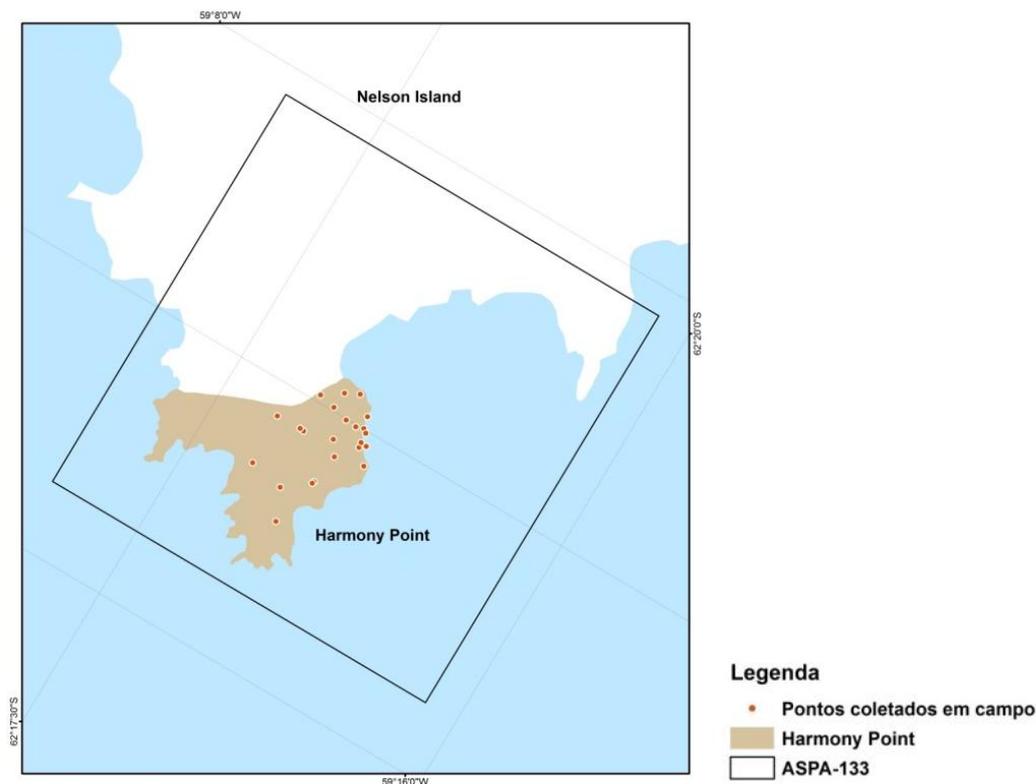


Figura 2. Distribuição espacial dos pontos visitados durante o trabalho de campo em Harmony Point.

Foi utilizada uma imagem Landsat 7 (ETM+), adquirida pelo sensor sobre a área de estudo no dia 19 de janeiro de 2003, com órbita/ponto 217-104. Essa foi a imagem livre de nuvens com data de aquisição mais próxima da data do trabalho de campo. Em função da cobertura total da área com neve durante o período de inverno na área de estudo, as mudanças dos padrões de cobertura do solo, bem com e a expansão das áreas com CBS ocorrem em uma taxa muito lenta (Fritsen e Priscu, 1998; Convey, 2006), com isso o grande intervalo de tempo entre a data de aquisição da imagem de satélite e o trabalho de campo não prejudicou a análise. As imagens Landsat estão disponíveis para download no banco de dados “Earth Explorer”, pelo United States Geological Survey – USGS no formato de entrega GeoTIFF e já apresentam pré-processamentos, tais como o georreferenciamento, em projeção cartográfica Estereográfica Polar, Datum WGS 1984, e os valores de reflectância da superfície calculados para todas as bandas do espectro óptico. A opção de utilização de imagens Landsat para esse trabalho deve-se ao fato da sua utilização em estudos já realizados sobre crostas biológicas do solo em outras regiões, como em pesquisas realizadas por Karnieli et al. (2001), Chen et al. (2005), Zhang et al. (2007) e Alonso et al. (2014) e a disponibilidade de imagens livre de nuvens sobre a área de estudo. A existência de uma série histórica de imagens do satélite Landsat sobre a área de estudos também foi levada em consideração, já que permite a repetição da metodologia utilizada nesse trabalho para outras áreas da Antártica.

Para a execução do processamento digital das imagens e do processo de classificação não supervisionada, foi utilizado o software ENVI, versão 4.7. A classificação automática para a identificação das áreas livre de gelo com e sem presença de CBS foi feita utilizando o algoritmo ISODATA, com a banda do infravermelho próximo e os parâmetros de entrada de no mínimo seis classes e no máximo dez e oito interações (repetições do processo). Os resultados foram exportados em formato vetorial (shapefile) e utilizados para a elaboração do

mapa final. Para elaboração do mapa temático de cobertura do solo e de localização foi utilizado o software ArcGIS, versão 10.2.2. As coordenadas dos pontos visitados durante o trabalho de campo foram importadas para o Software ArcGIS, gerando uma camada de pontos, na qual o atributo de cada um dos 23 pontos foi a cobertura do solo identificada em campo. Essa camada de pontos foi utilizada para validar os resultados da classificação automática. A análise do mapa temático resultante da classificação automática frente aos dados de campo foi feita a partir da análise visual, comparando a classe do mapa com a tabela de atributos para cada um dos 23 pontos.

3. Resultados e discussão

O mapa temático final obtido a partir do procedimento de classificação automática da reflectância de superfície da banda do infravermelho próximo é apresentado na Figura 3. O resultado da classificação concordou com o que foi observado em todos os 23 pontos amostrados em campo. Isso é função do comportamento espectral bastante distinto das áreas cobertas com neve e gelo, das áreas com rochas e das áreas com presença CBS nessa banda espectral. Nesse trabalho foram observados valores similares ao da literatura para neve e rochas. A neve apresenta elevada reflectância ao longo do espectro eletromagnético na banda espectral do infravermelho próximo (entre 0,7 μm e 1,2 μm), em torno de 0,7 e os solos e rochas apresentam valores de reflectância intermediários, entre 0,3 e 0,4 nessa banda do espectro eletromagnético (Jensen, 2009). Para as CBS foram observados nessa análise valores baixos de reflectância no infravermelho próximo, inferiores a 20%, concordando dos os trabalhos existentes sobre comportamento espectral de crostas biológicas (Karnieli et al., 2001; Chen et al., 2005; Zhang et al., 2007; Ustin et al., 2008; Weber et al., 2008; Jensen, 2011). Essa distinção da resposta espectral dos alvos da área de estudos permitiu a correta identificação das áreas livres de gelo com presença e ausência de crostas biológicas.

A identificação de áreas com presença de CBS no continente antártico utilizando dados de sensoriamento remoto é uma importante fonte de informação para estudos de identificação e quantificação das mudanças ambientais globais nessa região, em função do seu difícil acesso. O procedimento de classificação automático de imagens simples, feito apenas com a banda espectral do infravermelho próximo e um classificador não supervisionado utilizados nesse trabalho permitiram a correta identificação da cobertura do solo. Isso possibilita a repetição dessa análise em outras áreas ou na mesma área tanto para fins de comparação multitemporal, com a utilização de imagens Landsat ou também de outros sensores orbitais. Uma vez que a banda espectral do infravermelho próximo encontra-se presente na maior parte dos sensores ópticos, uma abordagem multi-sensor aumenta a chance da obtenção de imagens livres de nuvens sobre o continente antártico.

3. Conclusões

O mapa temático final obtido a partir do procedimento de classificação automática da reflectância de superfície da banda do infravermelho próximo representou corretamente a cobertura do solo em Harmony Point, tendo essa banda do espectro eletromagnético sensibilidade suficiente para discriminar os diferentes tipos de coberturas existentes no ambiente periglacial da Antártica.

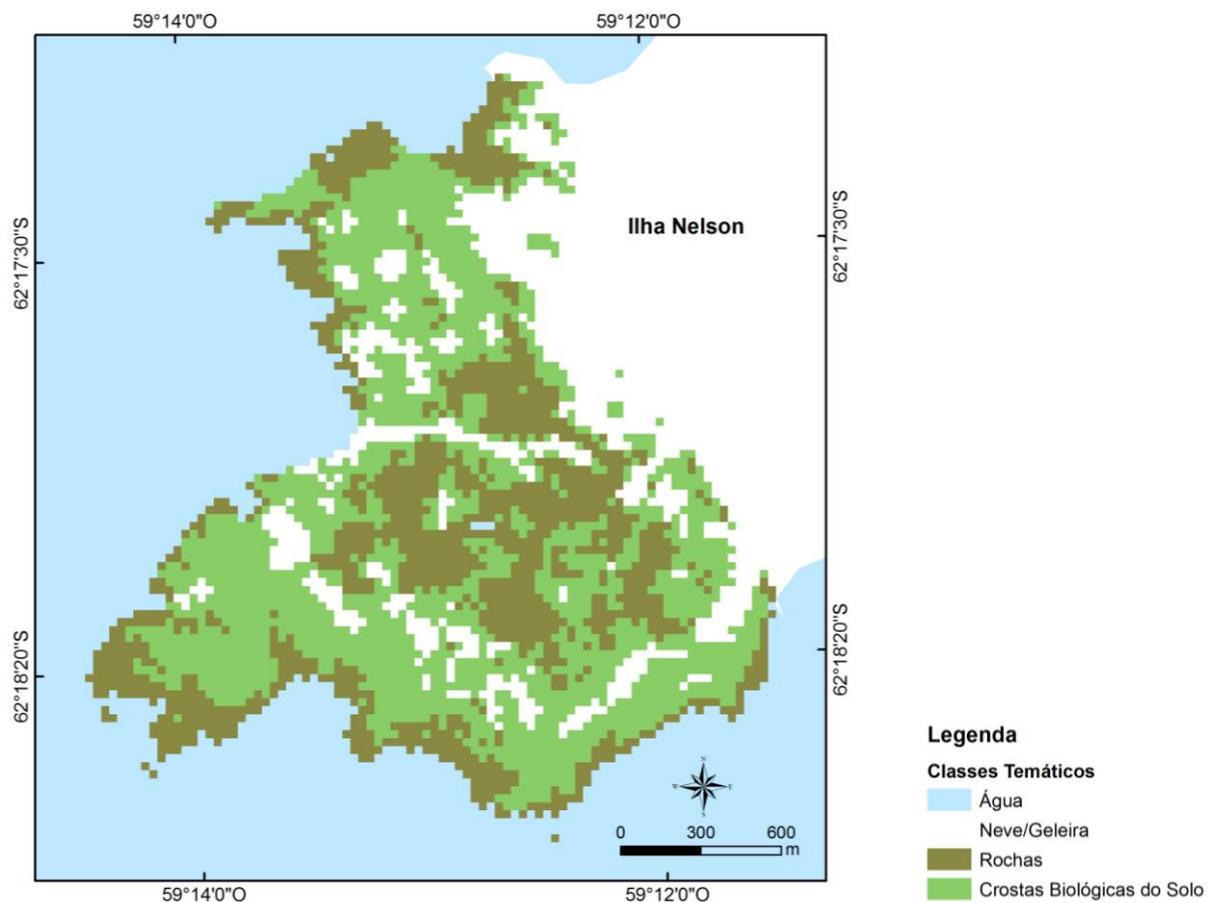


Figura 3. Mapa temático da cobertura do solo em Harmony Point, identificando as áreas livre de neve e gelo com e sem crostas biológicas do solo.

Agradecimentos

Ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia da Criosfera (INCT-Criosfera) que conta com apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à OPERANTAR XXXIII pelo apoio logístico nas atividades de coleta de dados.

Referencias bibliográficas

Alberdi, M.; Bravo L.A.; Gutiérrez, A.; Gidekel, M.; Corcuera, L. J. Ecophysiology of Antarctic vascular plants. *Physiologia Plantarum*, v.15, p.479–486, 2002.

Alonso, M.; Rodríguez-Caballero, E.; Chamizo, S.; Escribano, P.; Cantón, Y. Evaluación de los diferentes índices para cartografiar biocrostas a partir de información espectral. *Revista de Teledetección*, v. 42, p. 79-98, 2014.

Bremer, U. F. O permafrost, os criossolos e as mudanças climáticas. In: Simões, J.C.; Garcia, C.A.E.; Evangelista, H.; Campos, L. de S.; Mata, M.M.; Bremer, U.F. (Org.). *Antártica e as mudanças globais: um desafio para a humanidade*. São Paulo: Blucher. 2011. p. 103-120.

Chen, J.; Zhang, M.Y.; Wang, L.; Shimazakia, H.; Tamura, M. A new index for mapping lichen-dominated biological soil crusts in desert areas. **Remote Sensing of Environment** v. 96, p. 165 – 175, 2005.

Convey, P. Antarctic terrestrial ecosystems: responses to environmental change. **Polarforschung** v.75, p. 101–111, 2006.

Francelino, M. R.; Schaefer, C. E. R. G.; Fernandes Filho, E. I.; Pereira, A. B. Relação entre a geoforma e a cobertura vegetal: um estudo de caso na Península Keller, Ilha Rei George, Antártica. In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia. **Anais**. 6-10 de setembro de 2006. Goiana, Brasil.

Fritsen, C.H.; Priscu, J.C. Cyanobacterial assemblages in permanent ice covers on Antarctic lakes: Distribution, growth rate, and temperature response of photosynthesis. **Journal of Phycology** v.34, p. 587–597, 1998.

Jensen, J.R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 604 p.

Karnieli, A., Kokaly, R. F., West, N. E.; Clark, R. N. Remote sensing of biological soil crusts. In J. Belnap, e O. L. Lange (Eds.), **Biological Soil Crusts: Structure, Function, and Management**. Berlin: Springer-Verlag, 2001. p. 431–455.

Peat, P.H. J.; Clarke, A.; Convey, P. Diversity and biogeography of the Antarctic flora. **Journal of Biogeography** v. 34, p. 132– 146, 2007.

Ustin, S.L.; Valko, P.G.; Shawn, C. K.; Santos, M.J.; Zimpfer, J. F.; Smith, S. D. Remote sensing of biological soil crust under simulated climate change manipulations in the Mojave Desert. **Remote Sensing of Environment**, v.113, p. 317–328, 2008.

Weber, B.; Olehowski, C.; Knerr, T.; Hill, J.; Deutschewitz, K.; Wessels, D.; Eitel, B.; Budel, B. A new approach for mapping of Biological Soil Crusts in semidesert areas with hyperspectral imagery. **Remote Sensing Environment**, v. 112, n.5, p.2187–2201, 2008.

Zhang, Y.M.; Chen, J.; Wang, L.; Wang, X.Q.; Gu, Z.H. The spatial distribution patterns of biological soil crusts in the Gurbantunggut Desert, Northern Xinjiang, China. **Journal of Arid Environments** 68. p. 599–610, 2007.