

MONITORAMENTO DO DESMATAMENTO NO BIOMA AMAZÔNICO COM O SATÉLITE AMAZONIA-1

Data de aceite: 22/12/2023

Oswaldo Tadatomo Oshiro

Embrapa Territorial, Brazilian Agricultural
Research Corporation, Campinas, SP,
Brasil.

Rafael Vilela de Andrade

Embrapa Territorial, Brazilian Agricultural
Research Corporation, Campinas, SP,
Brasil.

Leonardo Auge Levyman

Embrapa Territorial, Brazilian Agricultural
Research Corporation, Campinas, SP,
Brasil.

RESUMO. O desmatamento na floresta primária do bioma amazônico é uma preocupação da comunidade nacional e internacional e várias metodologias são desenvolvidas para identificar com precisão e rapidez os locais de desmatamento. Nesse trabalho, a metodologia desenvolvida foi baseada em geotecnologia com ferramentas do software ArcGIS Pro, que processa as imagens do satélite Amazonia-1. Estas imagens são ortorectificadas, possuem 4 bandas espectrais, alta resolução temporal e cobrem grandes áreas. Dessa forma, possuem características favoráveis para a geração de polígonos de desmatamento em

tempo quase real, possibilitando uma rápida atuação das autoridades competentes no combate ao desmatamento.

ABSTRACT. Deforestation in the Amazon primary forest is a concern of national and international community. Several methodologies have been developed to accurately and quickly identify deforestation sites. In this work, the methodology developed was based on geotechnology, using ArcGIS Pro software tools, which processes images from the Amazonia-1 satellite. These images are orthorectified, have 4 spectral bands, high temporal resolution and cover large areas. In this way, they have favorable characteristics for identify deforestation polygons in almost real time, allowing the competent authorities to act quickly in the fight against deforestation.

1 | INTRODUÇÃO

A partir da década de 1970 inicia-se um novo momento para a região Amazônica com a abertura da rodovia Transamazônica. Esse processo é considerado chave para a dinâmica do desmatamento em grande escala, em razão da facilidade de acesso

à região Amazônica, formando o conhecido “arco do desmatamento”. O desmatamento aumenta drasticamente a partir do início dos anos 90, principalmente em razão do avanço da pecuária [FEARNSIDE, 2020].

Segundo Diniz (2017), a variável estrada provoca o desmatamento tanto pelo efeito direto, no qual áreas de florestas se tornam estradas, quanto pelo efeito indireto, com a proximidade dos centros urbanos consumidores, escoamento da produção é facilitado. O crescimento das estradas acarreta a expansão de áreas propícias para o surgimento de pastagens, além da redução do custo de transporte.

Com o intuito de realizar a integração econômica, o governo brasileiro na segunda metade do século XX deu início a uma série de planos econômicos, dentre eles alguns voltados para a região Amazônica. Estes planos foram formulados pelo estado ou instituições submetidas a ele visando a integrar a região ao restante do país, por meio dos empreendimentos produtivos. Para isso se fazia necessário, a construção das vias de acesso que possibilitassem a ocupação e produção da região com mão de obra, infraestrutura e produção agropecuária. Os diversos planos aplicados tinham como principal objetivo utilizar os recursos naturais da região oferecia, seja hídrico, madeireiro, mineral ou uso produtivo do solo. [Mendes 2021].

Diniz *et al.* (2009) indicam causalidade entre as variáveis do desmatamento como as lavouras de culturas temporárias, permanentes e rebanhos bovinos. Isto é corroborado por outros estudos, entre eles Ferreira *et al.* (2007); Riveiro *et al.* (2009); Gazoni e Mota (2010); Diniz (2017). Essas variáveis promoverem a intensificação do uso do solo na região Amazônica. Além disso, outro fator que implicou na intensificação desses processos produtivos foi adensamento das estradas, ocasionando o crescimento demográfico da região.

Nas últimas décadas, a população da região Amazônica continuou a exploração desenfreada de recursos naturais. Desde o desmatamento para a extração de madeira como as queimadas para a extração mineral e/ou uso da terra para a agropecuária.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA), o desmatamento acarreta diversos problemas ambientais e sociais, como a perda de biodiversidade, o aumento das emissões de gases de efeito estufa e a diminuição de territórios de populações tradicionais. As ações de controle e prevenção do desmatamento são tratadas por diversos órgãos e ministérios de nosso país, não só na questão legislativa como também na parte executiva, entre eles o Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (CENSIPAM), o MMA, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), e outros órgãos estaduais e federais, buscam a previsão, planejamento e controle do desmatamento na região Amazônica.

O presente estudo está inserido na problemática do monitoramento do avanço do desmatamento do bioma amazônico que, por meio de imagens do satélite brasileiro Amazonia-1, possibilita-se elaborar relatórios quantificados e representativos em um curto

período. A partir desses mesmos relatórios será possível consultar a localidade da área juntamente com valores numéricos do avanço do desmatamento.

O objetivo deste estudo é desenvolver uma metodologia para monitoramento do desmatamento da floresta primária do bioma amazônico por meio da utilização do sensoriamento remoto, de forma que seja possível obter polígonos de áreas desmatadas em poucos dias. O relatório anual do desmatamento é disponibilizado no site do INPE no mês de novembro e retificado no mês de fevereiro do ano seguinte.

A base de dados de desmatamento do INPE, o Programa de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (sistema PRODES), contém dados provenientes de sensoriamento remoto, das imagens do sensor de imageamento do Landsat-8 (NASA).

O mapeamento realizado pelo INPE com a utilização de imagens de sensoriamento remoto foi iniciado na década de 70 com a comprovação da possibilidade de usar esse tipo de material para o acompanhamento do desmatamento. Este projeto foi posto em prática de forma contínua no final da década dos anos 90. Desde então, com o avanço da tecnologia tornou-se a principal forma para obtenção dessa informação [Alves 2001].

As imagens do satélite do Amazonia-1, lançado em 28/01/2021 e tendo sido projetado, produzido, testado e operado pelo Brasil, foram utilizadas para elaboração da metodologia desenvolvida. Esse satélite possui um imageador óptico de visada larga (câmera com 3 bandas de frequências no espectro visível - VIS - e 1 banda próxima do infravermelho - Near Infrared ou NIR) capaz de observar uma faixa de aproximadamente 850 km com 60 metros de resolução espacial. Seu objetivo de forma geral é fornecer dados de sensoriamento remoto e imagens para o monitoramento ambiental e da agricultura em todo o território brasileiro, especialmente na região amazônica, além de monitorar a região costeira, reservatórios de água e desastres ambientais.

As imagens do Amazonia-1 são de qualidade nível 4 (L4), que segundo o INPE são imagens ortorretificadas, ou seja, imagem com correção radiométrica e correção geométrica de sistema refinado pelo uso de pontos de controle e de um modelo digital de elevação do terreno.

Esse satélite possui um tempo de revisita de 5 dias e resolução temporal de até 2-3 dias, em razão da área de sobreposição da faixa imageada de 850 km. Outros satélites com imagens semelhantes, como da família Landsat, que possuem a resolução temporal de 16 dias e baixa sobreposição da faixa imageada de 185km, possui uma relação entre área da cena do Landsat com a área da cena do Amazonia-1 de apenas 6%. A resolução radiométrica das imagens desses satélites é alta e de boa qualidade. Embora as imagens do Amazonia-1 possuam pixel de 64 m e as imagens dos satélites Landsat pixel de 30 m, isso pouco influenciará no resultado final da análise da área desmatada, por causa da grande área em estudo.

Abaixo podemos observar uma figura explicativa que resume as informações do sensor acoplado ao Amazonia-1 (Figura 1):



Figura 1 – Principais características do Amazonia-1

Por meio de ferramentas de análise espacial foi possível auto correlacionar a dimensão espacial e seu impacto nas variáveis utilizadas, já que o nível de autocorrelação ou dependência espacial indicou a presença de vínculos espaciais entre variáveis que captam manifestações aparentes do desmatamento. Com tal procedimento, pode-se contrapor diferentes modelos econométricos espaciais e a partir da comparação entre estes, pode-se oferecer como resultado a indicação do modelo que apresenta maior aderência empírica e maior poder explicativo de variáveis observáveis associadas às manifestações aparentes do desmatamento no bioma Amazônia [Mendes 2021].

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizados testes com imagens de vários satélites como: Landsat-8, CBERS 04A, Sentinel-2 e Amazonia-1, sendo o último selecionado por oferecer imagens com características únicas, que se alinham com o propósito geral do estudo.

A Figura 2 mostra que são necessárias apenas 24 cenas para cobrir o bioma amazônico, e ainda há uma grande área de sobreposição das cenas, o que possibilita a resolução temporal de 2-3 dias nestas áreas.

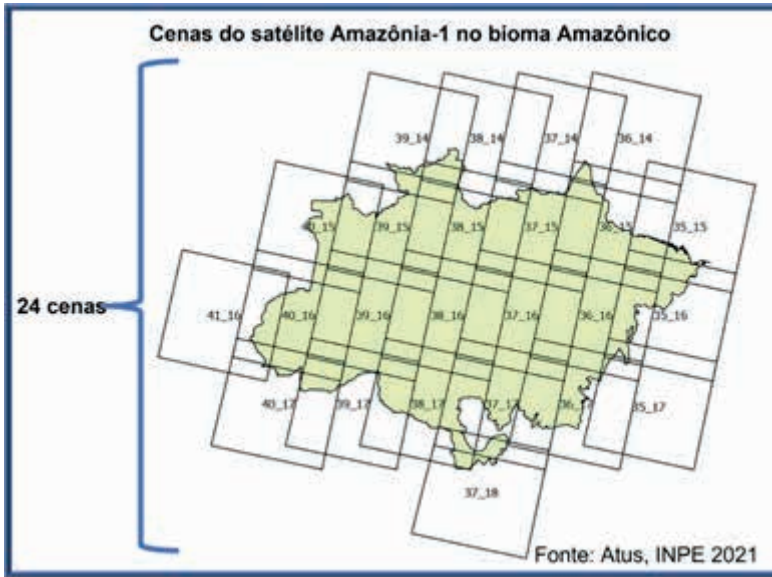


Figura 2 – Cenas do Amazonia-1 no bioma amazônico

O fluxograma da figura 3 ilustra, de forma geral, como a metodologia está estruturada.

As imagens do satélite Amazonia-1 são disponibilizadas pelo INPE (<http://www2.dgi.inpe.br/catalogo/explore>) e processadas no software ArcGIS Pro com as extensões 3D e Spatial Analyst.

Após o download, as imagens são processadas com composição colorida (bandas multiespectrais com as bandas 3,4 e 2) e o resultado é submetido à classificação por meio do método *Support Vector Machine* (SVM). Em linhas gerais, este é um algoritmo que busca uma linha de separação entre duas classes distintas analisando pontos mais próximos de cada classe e, a partir disso, o método SVM consegue prever a qual classe cada pixel pertence.

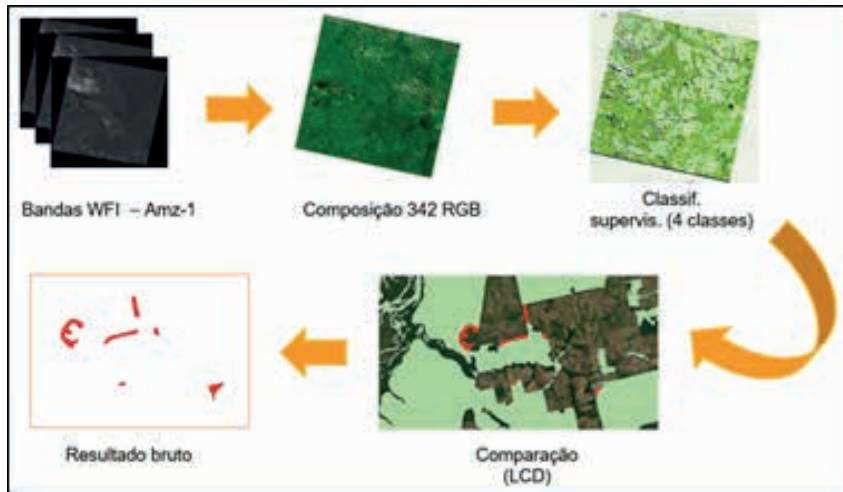


Figura 3 - Fluxograma da metodologia

De acordo com Nascimento *et al.* (2009), o algoritmo SVM consiste em treinar um classificador de forma que este aprenda um mapeamento por meio de exemplos e seja capaz de classificar um exemplo ainda não visto com mesma distribuição probabilística, onde um pixel da imagem possa se basear em outros exemplos da mesma imagem para definir-se em uma das classes trabalhadas: “floresta”, “não floresta”, “nuvem”, e “sombra de nuvem”. Essas classes foram definidas com a preocupação de se gerar um menor conflito na classificação.

Após as classificações, os pixels de imagens de datas diferentes (passado e presente) são comparados para a análise de mudanças, com a ferramenta *Land Change Modeler* (LCM). O resultado da comparação é uma imagem matricial, que é comparada com a floresta primária remanescente do bioma amazônico. O resultado da última comparação é convertido em dados vetoriais (shapefile) e são considerados uma nova área de desmatamento.

Com a metodologia validada, o procedimento foi automatizado com o módulo Model Builder do ArcGIS Pro. O modelo gerado consiste em criar uma rotina de funções em forma de esquema. A Figura 4 mostra na esquematização o fluxo de processamento que serão executados, tendo como a entrada as imagens (prévia e mais recente) e a saída o arquivo de vetores e a tabela no formato .xlsx.

A figura-5 ilustra a interface do usuário no software ArcGIS Pro, tendo como parâmetro as cenas do satélite Amazonia-1, e a configuração da saída com dados tabulares (Excel) e/ou vetoriais (shapefile).

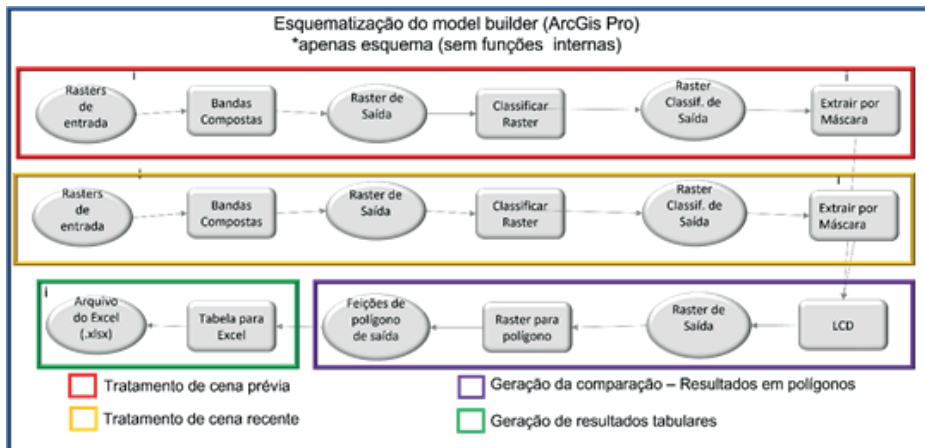


Figura 4 - Fluxograma da automação da metodologia

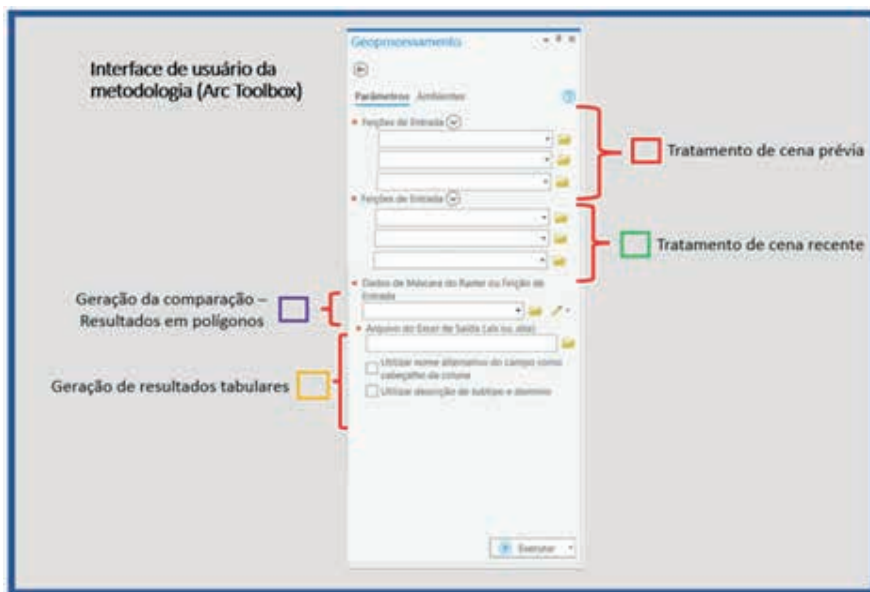


Figura 5 – Interface de usuário

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos foram considerados satisfatórios, em diversas imagens foram encontradas áreas de desmatamento dentro da floresta primária do bioma amazônico. Um exemplo de resultados é mostrado na Figura 6.

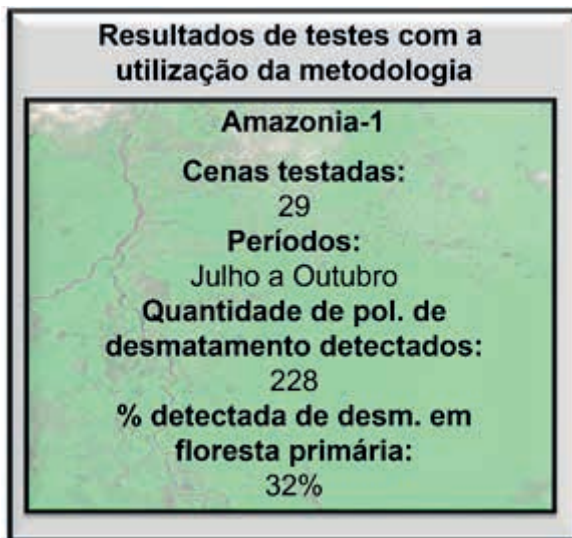


Figura 6 – resultados de testes da metodologia

Das 29 cenas testadas, no período de julho a outubro de 2021. Foram encontrados 228 polígonos, com mudança de categoria de floresta para não floresta, determinando a existência de desmatamento. 32% destes se encontram dentro da floresta primária definida pelo INPE. Estes resultados demonstram que é possível utilizar o satélite Amazonia-1 para identificação contínua do desmatamento da floresta primária no bioma amazônico.

Em testes mais específicos da metodologia em épocas, regiões e situações diferentes, foram selecionados alguns dos resultados mostrando a capacidade da metodologia na aplicação desejada.

O primeiro resultado mostrado na Figura 7 detectou e selecionou novos polígonos de desmatamento na cena em um curto período (junho a agosto de 2022), na região da divisa entre os estados do Amazonas com o Pará, apontando polígonos de diversos tamanhos, ambos na mesma cena, porém em regiões distintas.

Dessa forma, entende-se que a metodologia desenvolvida apresentou resultados promissores no que diz respeito à capacidade de identificar áreas de desmatamento no bioma amazônico a partir de técnicas de automáticas de classificação da cobertura da terra. Tais técnicas tem potencial para agilizar os processos de identificação de áreas com desmatamento em razão da capacidade do modelo utilizado de processarem uma grande quantidade de dados em um curto período de tempo. Entretanto, salienta-se a necessidade de trabalhos mais aprofundados que busquem avaliar os procedimentos apresentados frente a outras metodologias de identificação de desmatamento a fim de compreender, de modo mais detalhado, a qualidade dos resultados obtidos pelos dos procedimentos apresentados neste caso.

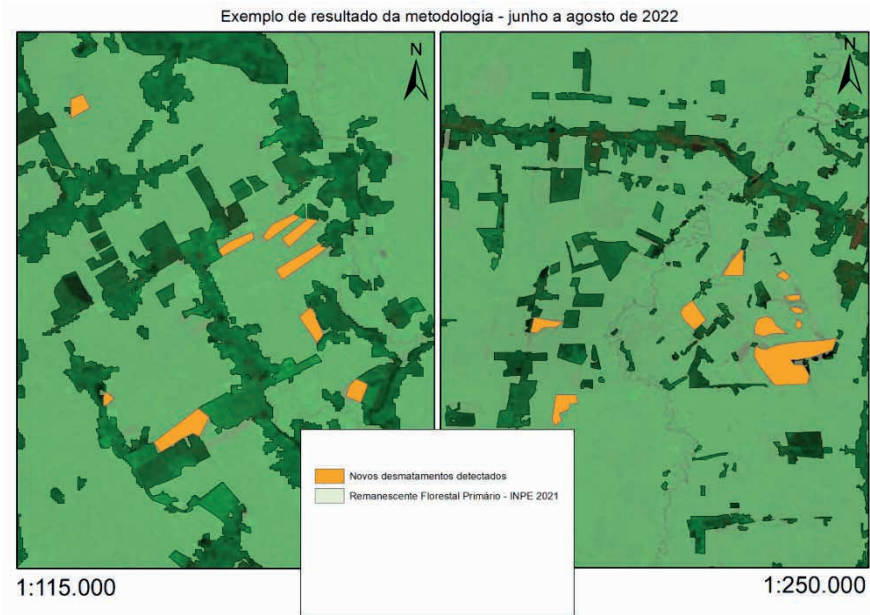


Figura 7 - Desmatamento detectado referente à imagem de 12 de agosto de 2022.

4 | CONCLUSÕES

Após passar por refinamentos e correções, a metodologia revelou sua capacidade de detectar e contabilizar novos desmatamentos de maneira eficaz. Além disso, podemos destacar que, ao utilizar uma tecnologia nacional como o Amazonia-1, é possível obter resultados plausíveis, confiáveis e precisos de forma rápida, com potencial para aprimorar os procedimentos atuais que utilizam a família Landsat e a outras metodologias adotadas por órgãos públicos.

REFERÊNCIAS

- Alves, D. S. (2001) “O processo de desmatamento na Amazônia”, In: PARCERIAS ESTRATÉGICAS, n. 12
- Brasil, MMA. (2020) “Informações sobre o bioma amazônico”, <https://www.mma.gov.br/biomas/amaz%C3%B4nia>
- Diniz, M. B. (2017) “Desmatamento e Ausência de Riqueza na Amazônia”, In: Paka-Tatu, 1 ed. Belem.
- Diniz, M. B.; Junior, J. N. de O.; Neto, N. T.; Diniz, M. J. T. (2009) “Causas do desmatamento da Amazônia: uma aplicação do teste de causalidade de Granger acerca das principais fontes de desmatamento nos municípios da Amazônia Legal brasileira”, In: Nova Economia Belo Horizonte, v. 19, n. 1.

Fearnside, P.M. (2020) “Desmatamento na Amazônia brasileira: História, índices e consequências”, In: *Destruição e Conservação da Floresta Amazônica*, v. 1. Editora do INPA, Manaus, Amazonas. http://inct-servamb.inpa.gov.br/publ_restritas/2019/Destruicao-v1/Cap-1-Desmatamento_historia-prova.pdf

Ferreira, N. C.; Ferreira JR, L. G.; Huete, A.; Miziara, F.; Ferreira, M. D. (2007) “Causa e efeitos dos desmatamentos na Amazônia: Uma análise a partir de dados orbitais, cartográficos e censitários”, In: *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis, Brasil.

Gazoni, J. L.; Mota, J. A. (2010) “Fatores Político-Econômicos do Desmatamento na Amazônia Oriental”, In: *Sustentabilidade em debate*.

Mendes, E.C. (2021) “ANÁLISE ESPACIAL DO DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA”, Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Desenvolvimento Urbano e Regional na Amazônia – PPGPAM - da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará.

Nascimento, R. et al. (2009) “O algoritmo Support Vector Machines (SVM): avaliação da separação ótima de classes em imagens CCD-CBERS-2”, In: *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Natal, Brasil.

Riveiro, S.; Almeida, O.; Ávila, S. Oliveira, W. (2009) “Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia”, In: *Nova economia*, v. 19, n. 1.

TERRABRASILIS (2022) “Metadados”, In: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Divisão de Processamento de Imagens. <http://terrabilis.dpi.inpe.br/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/home>