

AVALIAÇÃO DAS ALTERAÇÕES NA COBERTURA FLORESTAL UTILIZANDO DADOS DE PROJETOS DE MONITORAMENTO DO DESMATAMENTO DA AMAZÔNIA E VERIFICAÇÃO EM CAMPO: ESTUDO DE CASO PARA O TRECHO DE BELÉM A RURÓPOLIS-PA

Lidiane Cristina Lima de Araújo ¹, Jefferson Jesus de Souza, Vitor Mateus de Carvalho Morais ¹, Arlesson Antônio de Almeida Souza ², Rodrigo Rafael Souza de Oliveira ², Alessandra Rodrigues Gomes ¹, Igor da Silva Narvaes ¹, Marcos Adami ¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Centro Regional da Amazônia – INPE-CRA
Av. Perimetral, 2651 – 66077-830 Belém, PA, Brasil

²Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa – FUNDEP
Belo Horizonte, MG, Brasil

(lidiane.araujo, vitor.morais, alessandra.gomes, igor.narvaes, marcos.adami)@inpe.br
rodrigo.rafaelso@hotmail.com, arlessonantonio@gmail.com
jeff_0110@hotmail.com

RESUMO

O desflorestamento na Amazônia tem aumentado a demanda de mapeamento como forma de monitorar seu avanço nesse bioma. Para garantir informações precisas das feições em imagens de satélite, é importante validar os dados gerados. Dessa forma, este trabalho avaliou o mapeamento das alterações da cobertura florestal, em um trecho da Transamazônica, através da comparação com dados de campo. Foram utilizadas imagens AWiFS/RST-2, WFI/CBERS-4 e OLI/LST-8, dos anos de 2018 e 2014, respectivamente. As classes mais representativas, para esse trecho, foram Agricultura, Degradação, Corte Raso, Floresta, Pastos Limpo e Sujo e Vegetação Secundária, atingindo 84,62% de exatidão global, considerado muito bom. A classe Degradação obteve 50% de concordância, tendo apresentado erros de omissão e inclusão, enquanto que a classe Pasto Limpo apresentou omissão de 33,33%, enquanto que a classe de corte raso obteve um erro de omissão de 16,67%. Desta forma, o conhecimento de campo foi essencial na definição do mapeamento.

Palavras-chave — Sensoriamento Remoto, desflorestamento, validação, exatidão global, acurácia.

ABSTRACT

Deforestation in the Amazon has increased the demand for mapping as a way to gain its progress in this biome. For accurate information on satellite imagery, it is important to validate the generated data. Thus, this work evaluated the mapping of changes in forest cover, in a Transamazon process, through the comparison with field data. The AWiFS / RST-2, WFI / CBERS-4 and OLI / LST-8 images

from the years 2018 and 2014, respectively, were used. The most representative classes, for this case, were: Agriculture, Degradation, Short Cut, Forest, Pasture Clean and Secondary Vegetable, reaching 84.62% of global precision, being very good. The Degradation class obtained 50% agreement, errors of omission and inclusion were presented, while the category presented omission of 33.33%, while the cut class had the omission error of 16.67%. In this way, the field knowledge was essential in the definition of the mapping.

Key words — Remote Sensing, Deforestation, Validation, Global Accuracy, Accuracy.

1.INTRODUÇÃO

O desflorestamento na Amazônia é um dos exemplos mais impactantes da interferência do homem sobre o ambiente, a crescente expansão de atividades produtivas da região, é uma das principais causas desse fenômeno. Portanto, o impacto da substituição da cobertura florestal, dessas áreas, por outra, se torna cada vez mais preocupante.

O uso de técnicas de sensoriamento remoto, voltadas para o estudo da dinâmica do desmatamento na Amazônia, é imprescindível, já que muitas vezes a dimensão do bioma é associada à dificuldade de acesso. Com isso, a demanda de mapeamentos da cobertura florestal vem aumentando, contudo, a avaliação dos dados produzidos por meio de medidas estatísticas e validação terrestre onde é possível discriminar feições mediante imagens de sensores remotos de forma precisa e, conseqüentemente, auxiliam na análise adequada de ações específicas para o desenvolvimento ou preservação desses recursos naturais [1].

Como forma de combater o desmatamento e a degradação ambiental, dois sistemas de monitoramento florestal via satélite, são desenvolvidos pelo Instituto

Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O Programa de Monitoramento do Desmatamento da Amazônia (PRODES) tem como objetivo quantificar as taxas anuais de desflorestamento a fim de construir um banco de dados geográficos ao longo do tempo, enquanto que o sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real (DETER-B) responsável pelo levantamento sistemático diário do processo progressivo de desmatamento e degradação florestal [2] surgiu como uma alternativa de monitoramento da mudança da dinâmica de desmatamento na Amazônia, a partir de 2004, concentrado em áreas menores e no período chuvoso [3]. Dessa forma, ambos possuem embasamento para as ações de fiscalização, controle e combate aos desmatamentos ilegais.

Diante deste cenário, o trabalho objetiva utilizar dados de levantamento de campo para a avaliação do mapeamento da cobertura florestal, no trecho de Belém a Rurópolis-PA.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área escolhida para a avaliação da alteração florestal está localizada no Estado do Pará no trecho da PA-150 e BR-263 que ligam os municípios de Belém até Rurópolis e está inserida no denominado Arco do Desmatamento (Figura 1).

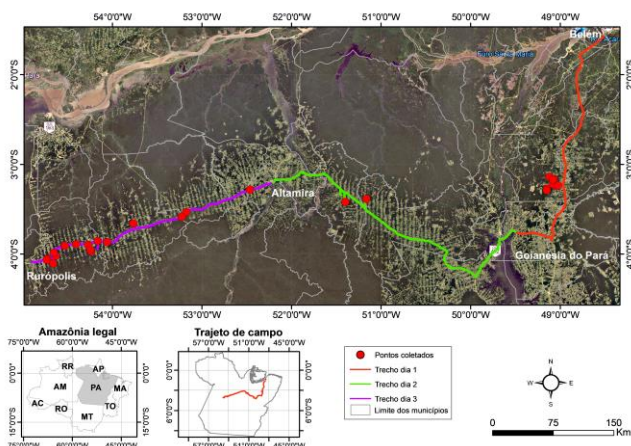


Figura 1. Localização dos pontos de campo no trecho entre Belém e Rurópolis. As linhas em vermelho, verde e magenta correspondem aos trechos, por dia, levantados. Ao fundo uma imagem ilustrativa do Google Earth.

Para a validação foram utilizados dados dos projetos DETER-B e TerraClass, de 2018 e 2014, respectivamente. O primeiro é voltado para a detecção das ações de desmatamento na cobertura florestal amazônica, a partir do mapeamento diário das áreas desflorestadas e demais tipos de alterações na cobertura florestal [2], enquanto o TerraClass desempenha importante papel na identificação dos usos da terra que estão substituindo a floresta Amazônica [4]. Os arquivos foram utilizados em formato shapefile (*.shp) tendo como referência as imagens *Advanced Wide Field Sensor*, do satélite Resourcesat 2 e do

sensor *Wide Field Imager* do satélite e CBERS-4 (DETER-B) e, as imagens do satélite Landsat-8, sensor OLI (TerraClass) de órbitas/ponto 227063/226062 / 225062 /224062 e 223062 adquiridas do banco de imagens do Centro Regional da Amazônia (INPE-CRA).

O levantamento dos dados foi realizado em duas campanhas de campo na região. A primeira no ano de 2014 e a segunda em 2018, totalizando 26 pontos selecionados distribuídos aleatoriamente, levando em consideração a sua acessibilidade, já que a região constitui um terreno altamente acidentado.

A validação foi baseada nas classes Desmatamento por corte raso e Degradação, oriundos do DETER-B, Agricultura Temporária, Floresta, Pasto Limpo, Pato Sujo e Vegetação Secundária do projeto TerraClass, já que constituem as classes mais representativas entres os municípios analisados.

Para a validação, o trabalho de campo, realizado de julho a agosto de 2018, constituiu-se na verificação *in loco* das áreas de alteração neste mesmo período, tendo sido realizado o levantamento fotográfico e o registro de suas coordenadas com GPS de navegação, posteriormente inseridos no banco de dados do software TerraAmazon versão 7.1 [5] e em seguida, cruzados com os planos de informação dos referidos projetos.

Posteriormente, os valores de Exatidão Global e acurácia das categorias individuais (erros de Omissão e Comissão) foram tabulados em uma matriz de confusão. Para o cálculo foram utilizadas informações das classes de mapeamento verificadas em campo, cujos valores foram alocados na diagonal principal da mesma tabela, os quais representam os elementos corretamente classificados. A matriz de erro foi utilizada como o ponto de partida para a aplicação de técnicas estatísticas descritivas e analíticas, cujos resultados são obtidos utilizando os dados de verdade terrestres, conforme proposto por [6], sendo que a avaliação da acurácia e precisão de mapas possibilitam aumentar a qualidade das informações do mesmo, identificando e corrigindo as fontes de erro.

Já os valores da matriz de confusão dispostos fora da diagonal principal representam os erros de omissão, comissão, inclusão e exatidão global [7].

Por fim, o trabalho de campo também servirá para ajustar eventuais discrepâncias entre as classes geradas pelo fotointérprete e, conseqüente, ajuste da chave de interpretação das classes analisadas e posteriormente incorporados a mesma na metodologia do DETER-B.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

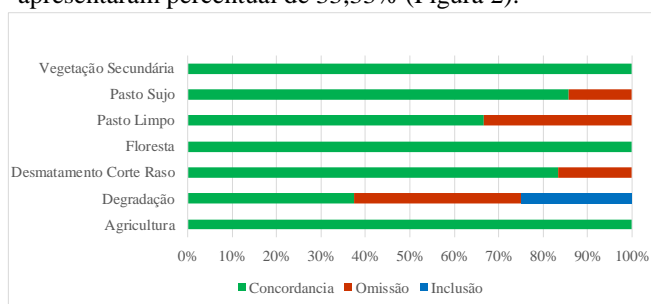
A exatidão global dos dados checados em campo, quando comparados com o mapeamento realizado em laboratório, atingiu 84,62% (Tabela 1), sendo considerado muito bom, de acordo com a escala sugerida por [1].

Tabela 1. Matriz de Confusão mostrando os erros de omissão, comissão, inclusão e exatidão global e acurácia do mapeamento.

Classes	Agricultura	Degradação	Desmatamento Corte Raso	Floresta	Pasto Limpo	Pasto Sujo	Vegetação Secundária	Total Geral	Total Incluído	Erro comissão	Acurácia Mapeamento
Agricultura	1							1	0	0,00	100,00
Degradação		2	1					3	1	33,33	66,67
Desmatamento_Corte Raso		2	5					7	0	0,00	100,00
Floresta				2				2	0	0,00	100,00
Pasto Limpo					2			2	0	0,00	100,00
Pasto Sujo					1	6		7	0	0,00	100,00
Vegetação Secundária							4	4	0	0,00	100,00
Total Geral	1	4	6	2	3	7	4	26	2	7,69	92,31
Total Omitido	0	2	1	0	1	1	0				
Erro Omissão	0,00	50,00	16,67	0,00	33,33	14,29	0,00		Exatidão Global %		84,62

Dentre o quadro quantitativo de amostras validadas em campo, a maior parte das classes apresenta 100% de concordância com exceção da classe Degradação que apresentou-se com percentual de 50%.

As classes Degradação e Pasto Limpo apresentaram maior intensidade de omissão com 50% e 33,33% respectivamente. Já os valores de inclusão desta mesma apresentaram percentual de 33,33% (Figura 2).

**Figura 2. Resultado da exatidão global do mapeamento da região por classe.**

Classes que obtiveram 100% de concordância podem estar relacionado ao fato dessas regiões se distinguirem entre si espectralmente, o que facilita a diferenciação. Um exemplo pode ser dado entre a vegetação secundária e agricultura que possuem valores espectrais diferentes e gradientes texturais distintos, decorrentes da própria estrutura da vegetação. Além disso, a classe floresta apresenta tonalidade de verde escuro, quando comparado com as classes de agricultura e vegetação secundária. Tendo em vista que o desmatamento se caracteriza pela supressão total da cobertura florestal e, conseqüente, exposição do solo [8], a confusão entre as classes Degradação e Corte Raso pode estar relacionada ao processo gradativo da remoção de parte da cobertura florestal ao longo do tempo, mesmo dentro de intervalo considerado curto, onde a abertura de clareiras acarreta maior exposição do solo, semelhante ao verificado no estudo de [9] para a região de Novo Progresso-PA, em um período de análise de 28 anos, onde a dinâmica da conversão de áreas degradadas em desflorestamento levou cerca de 4 anos, todavia [10], na mesma região confirmaram uma taxa de 8,85 de conversão.

No presente estudo, de posse das áreas selecionadas para verificação em campo foi possível estabelecer um melhor ajuste da chave de interpretação estabelecida em [2] (Tabela 2; Figura 3), neste caso com pontos de verificação próximos aos locais de melhor acesso.

Tabela 2. Validação em campo do mapeamento do uso e cobertura da terra.

Pontos	Imagem	Fotografia de Campo	Classe	Observações em Campo
1			Corte Raso	Processo de supressão total da cobertura florestal, no qual o solo resta coberto por resíduos lenhosos ou por vegetação rasteira.
2			Degradação	Avanço da degradação, a partir da retirada de parte da cobertura florestal. Não há exposição do solo. A vegetação apresenta-se em estágios iniciais de sucessão.
3			Pasto Limpo	Áreas de pastagem bem manejada. A imagem de satélite apresenta polígonos regulares. A refletância magenta e textura lisa evidenciam uma pastagem limpa que são característica dessa feição.
4			Pasto Sujo	Presença de vegetação arbustiva são características desses pastos pouco manejados. O aspecto deste pasto com variação de biomassa na imagem de satélite produz a textura associada a esta classe.
5			Vegetação Secundária	Presença de vegetação lenhosa. As áreas apresentam textura rugosa e resposta espectral verde escuro
6			Agricultura	Cultura em estágio de maturação dos grãos. A feição da imagem de satélite corresponde ao padrão de agricultura anual com forma regular e textura lisa.
7			Floresta	Padrão característico de florestas nativas. A elevada rugosidade e ausência de cores magenta, evidenciam se tratar de uma classe de floresta.

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, é possível considerar que o mapeamento realizado nos anos de 2014 e 2018 apresentou índices de exatidão considerados muito bons. O conhecimento de campo auxiliou na definição das classes mapeadas e conseqüente ajuste da chave de interpretação do

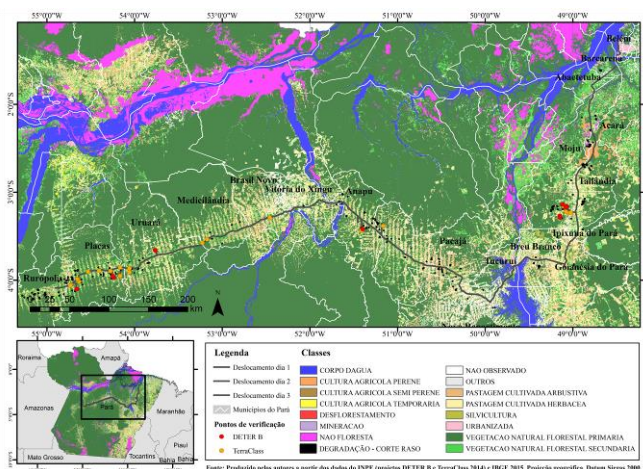


Figura 3. Mapa do uso e cobertura e respectivos pontos de verificação selecionados em um trecho da rodovia Transamazônica.

programa DETER-B, sendo relevante para a avaliação dos métodos de estudo empregados, onde a matriz de confusão pode ser usada como um ponto de partida para uma série de análises e técnicas descritivas e estatísticas. Recomenda-se o aumento da intensidade amostral das classes analisadas, sobretudo em outras regiões da Amazônia sujeitas a dinâmicas diferenciadas de mudanças de uso e cobertura.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Centro Regional da Amazônia – INPE/CRA, pelo fornecimento dos dados utilizados neste trabalho. Ao Programa de Capacitação Institucional – PCI/INPE – pela concessão da bolsa de pesquisa a partir do processo de número 300808/2018-6. A equipe do Projeto de “Detecção de Desmatamento em Tempo Real” - DETER-B pelas contribuições científicas que ajudaram na qualidade trabalho.

6. REFERÊNCIAS

[1] Congalton, R.G.; Green, K., “Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices”. New York: Lewis Publishers, 2009.

[2] Diniz, C.G. Souza, A.A.A.; Santos, D.C.; Dias, M.C.; Luz, N.C.; Moraes, D.R.V.; Maia, J.S.; Gomes, A.R.; Narvaes, I.S.; Valeriano, D.M.; Maurano, L.E.P.; Adami, M., “The New Amazon Near Real-Time Deforestation Detection System”. IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens. v. (8), pp. (3619–3628), 2015.

[3] Rosa, I.M.D.; Souza, C.; Ewers, R.M. “Changes in Size of Deforested Patches in the Brazilian Amazon. Conservation Biology”. v. (26), pp. (932-937), 2012.; Richards, P., “Are Brazil’s Deforesters Avoiding Detection? Society Conservation Biology”. n. (3), pp. (1-7), 2016; Kalamandeen, M.; Gloor, E.; Mitchard, E.; Quincey, D.; Ziv, G.; Spracklen, D.; Spracklen, B.; Adami, M.; Aragão, L.E.O.C.; Galbraith, D., “Pervasive Rise of Small-scale Deforestation in Amazonia”. n. (1600), pp. (1-10), 2018.

[4] Almeida, C.A.; Coutinho, A.C.; Esquerdo, J.D.M.; Adami, M.; Venturieri, A.; Diniz, C.G.; Dessay, N.; Durieux, L.; Gomes, A.R. “High Spatial Resolution Land Use and Land Cover Mapping the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data”. Acta Amazonica, v. (46), n. (3), pp. (291-302), 2016.

[5] FUNCATE - Fundação de Ciência e Tecnologia Espaciais. TerraAmazon 7.1. São José dos Campos. Disponível em: <<http://terraamazon.org/index.php/downloads>> Acesso em: 2017.

[6] Congalton, R.G.; Mead R.A. “A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remote Sensed Data. Remote Sensing of Environment”. v. (37), n. (1), pp. (35-46), 1991.

[7] Foody, G.M., “Classification Accuracy Comparison: Hypothesis Tests and the Use of Confidence Intervals in Evaluations of Difference, Equivalence and Non-inferiority”. Remote Sensing of Environment, v. (113), pp. (1658-1663), 2009.

[8] Thompson, I.D.; Guariguata, M.R.; Okabe, k.; Bahamondez, C.; Nasi, R.; Heymell, V.; Sabogal, C., “An Operational Framework for Defining and Monitoring Forest Degradation. Ecology and Society”. V. (2), n. (18), pp. (1-23), 2013.

[9] Pinheiro, T. F.; Escada, M.S.I.; Valeriano, D.M.; Hostert, P.; Gollnow, F.; Muller, U.; “Forest Degradation Associated With Logging Frontier Expansion in the Amazon: The br-163 Region in Southwestern Pará, Brazil”. Earth Interactions, v. (20), n. (17), pp. (1-26), 2016.

[10] Souza, A.A.A.; Pontes, A.N.; Adami, M.; Narvaes, I.S., “A Contribuição das Estradas e o Padrão de Desflorestamento e Degradação da Cobertura Florestal no Sudoeste Paraense.” Revista Brasileira de Cartografia. Edição Especial Geotecnologias e Desastres Naturais. Sociedade Brasileira de Cartografia. n. (69/9), pp. (1833-1846), 2017.