

## DETECÇÃO REMOTA PARA IDENTIFICAÇÃO DE CAMPOS DE MURUNDUS NA REGIÃO CHAPADA DIAMANTINA – BA

Roger Torlay<sup>1</sup>, Marjorie Csekö Nolasco<sup>2</sup>, Paulo de Tarso Amorim Castro<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Geógrafo, Mestrando do Programa de Pós Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente, UEFS, Feira de Santana-BA, rogeritorlay@gmail.com

<sup>2</sup>Geóloga, Professora Programa de Pós Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente, UEFS, Feira de Santana-BA, mcn@uefs.br

<sup>3</sup>Geólogo, Professor, Programa de Pós Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente, UEFS, Feira de Santana-BA, ptacastro@gmail.com

**RESUMO:** Este trabalho tem por objetivo propor um método apropriado para detecção remota dos campos de murundus presentes na Região Chapada Diamantina – BA. A persistência destas paleoformas indicam processos pretéritos que têm importância para a pesquisa científica em geociências, pois evidenciam um momento da história geológica e biológica da Terra. Nesse contexto é essencial o reconhecimento e mapeamento dos campos de murundus. Para tanto, testou-se métodos de detecção remota utilizando técnicas de processamento digital de imagem. Foram utilizados os classificadores ISODATA, distância mínima e orientada ao objeto, e um filtro passa alta em uma imagem multiespectral de alta resolução espacial proveniente do *Google EarthPro*®. Os produtos gerados pelas classificações foram avaliados utilizando matriz de erro para gerar os índices de exatidão Global, Kappa e Tau. Concluiu-se que o método de classificação orientada ao objeto apresentou melhor resultado para a detecção dos campos de murundus.

**PALAVRAS-CHAVE:** processamento digital de imagens, Google Earth, montículos de térmitas.

**INTRODUÇÃO:** Os murundus presentes na região Chapada Diamantina são montículos cônicos densamente compactados formados principalmente por material argiloso. Essas feições medem aproximadamente 2 a 4 metros de altura por 4 a 9 metros de diâmetro da base maior e tem em densidade de 35 a 40 unidades por hectare (OLIVEIRA *et al.*, 2014; FUNCH, 2015). Essas estruturas, também encontradas em outras regiões do semiárido nordestino foram pouco estudadas e sua origem, assim como sua distribuição permanecem desconhecidas (SOUSA e DELABIE, 2017). No entanto, há especulações da sua origem biogênica, ou seja, originou-se da remoção de material promovido por térmitas, processo também conhecido como bioturbação (FUNCH, 2015; SOUSA e DELABIE, 2017).

Os campos de murundus ocupam extensas áreas descontínuas na região Chapada Diamantina. Apesar da presença marcante dessas feições na paisagem, os estudos são incipientes e necessitam maior desenvolvimento. Como o tema carece de explicações objetivas, é importante o desenvolvimento de mais pesquisas. Diante deste problema, faz-se necessário identificar as ocorrências destas feições. Assim, o uso de geotecnologias para este estudo é de extrema importância para identificar e mapear sua ocorrência. Para este trabalho, foram testadas técnicas de processamento digital de imagem como os classificadores ISODATA, distância mínima e orientada ao objeto, e um filtro passa alta em uma imagem multiespectral de alta resolução espacial proveniente do *Google Earth*®. Este trabalho tem como objetivo propor um método adequado para detecção remota dos campos de murundus presentes na região Chapada Diamantina – BA.

**MATERIAL E MÉTODOS:** A área de estudo (figura 1) localiza-se no centro do Estado da Bahia. Essa região com características fisiográficas próprias e de certa forma homogênea é denominada Chapada Diamantina. A vegetação predominante da área teste é a caatinga arbustiva. Onde ela foi suprimida, há presença de gramíneas e é possível identificar os murundus por imagem de satélite.

O trabalho teve início com uma visita a campo para o reconhecimento da área onde se pretendia testar os métodos. Então, coletou-se pontos no navegador GPS para se ter noção da dimensão e localização dos murundus. Após esta etapa, passou-se ao trabalho em gabinete. O fluxo de trabalho é disposto no diagrama da figura 2.

Com o dispositivo *Google Earth Pro*®, coletou-se uma cena de 6 km<sup>2</sup> salvo no formato bitmap e, no *Global Map*® este arquivo é, então, convertido para o formato *GeoTIFF*, cujos parâmetros para o

registro são obtidos no cabeçalho da imagem bitmap. Esta imagem possui resolução espacial 0,7m e se acompanha da composição de bandas no visível, possibilitando enxergar cores reais. No *ENVI*®, foram processados métodos de classificação não supervisionada ISODATA. Para treinamento e classificação, definiu-se as seguintes classes: murundus, vegetação, estrada e mistura (vegetação com solo).

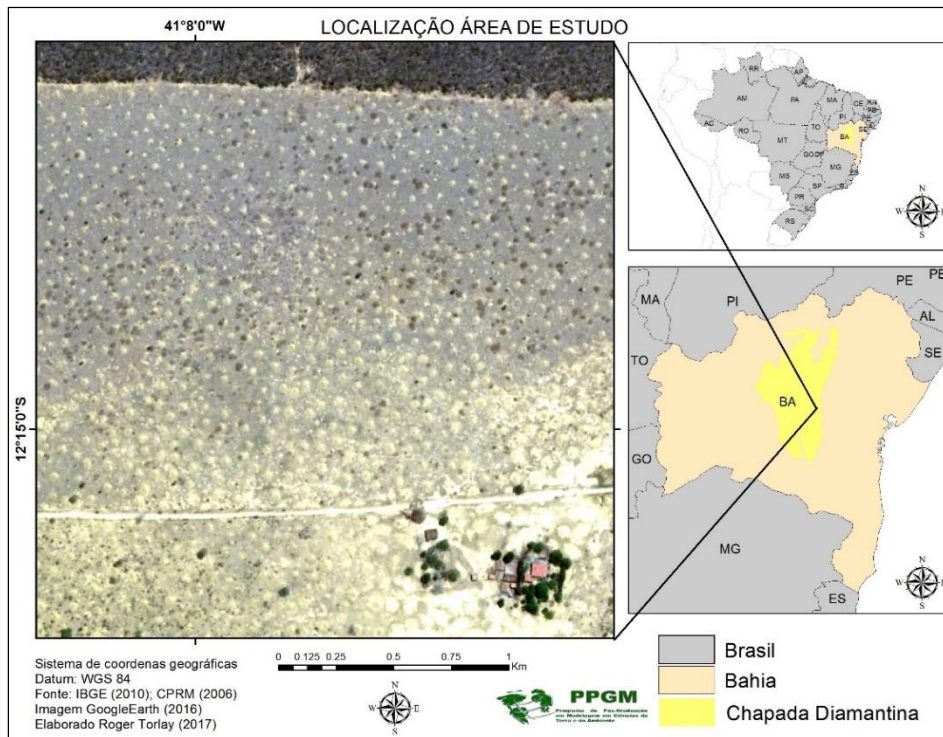


Figura 1 – Localização da área teste.

Outro teste a que se procedeu foi a aplicação de filtragem espacial passa alta com *kernel* de 5x5. Na sequência, se utilizou método de classificação supervisionada Distância Mínima, e por fim foi testado segmentação e classificação orientada ao objeto no dispositivo *eCognition*®. Após diversos testes, o fator de escala 20 foi o que melhor segmentou os murundus. Em posse da segmentação, fez-se o treinamento e utilizou-se como critérios para classificação o baseado em pixel e geometria (área, borda, forma e simetria). Depois dos procedimentos de classificação, a imagem foi reclassificada em duas classes: murundus e restante. Para avaliação das classificações, foi feita a matriz de confusão (ou de erro) para cada produto gerado, a fim de avaliar os resultados. Para construção da matriz foram gerados 50 pontos aleatórios sobre a imagem multiespectral do *Google Earth Pro*®. Feita a matriz de confusão, foram utilizados valores totais, de erros e acertos para calcular os índices de exatidão Global, Kappa e Tau.

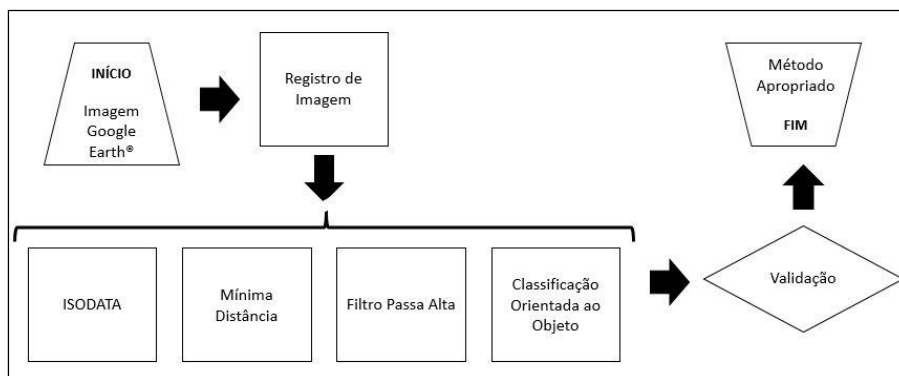


Figura 2 – Fluxograma metodológico

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Na Figura 3 pode-se ver os resultados das classificações. Cabe fazer algumas considerações por comparação. Com exceção do método de classificação orientado ao objeto, os demais classificaram estradas não pavimentadas e solo exposto como sendo a classe murundus. Isso ocorre porque as estradas compostas por solo exposto derivam do mesmo material argiloso encontrado nos murundus. Ou seja, os alvos têm a mesma resposta espectral. Neste caso, tanto os murundus quanto os solos expostos, ou estradas, apresentam uma faixa entre 200 – 255 níveis de cinza.

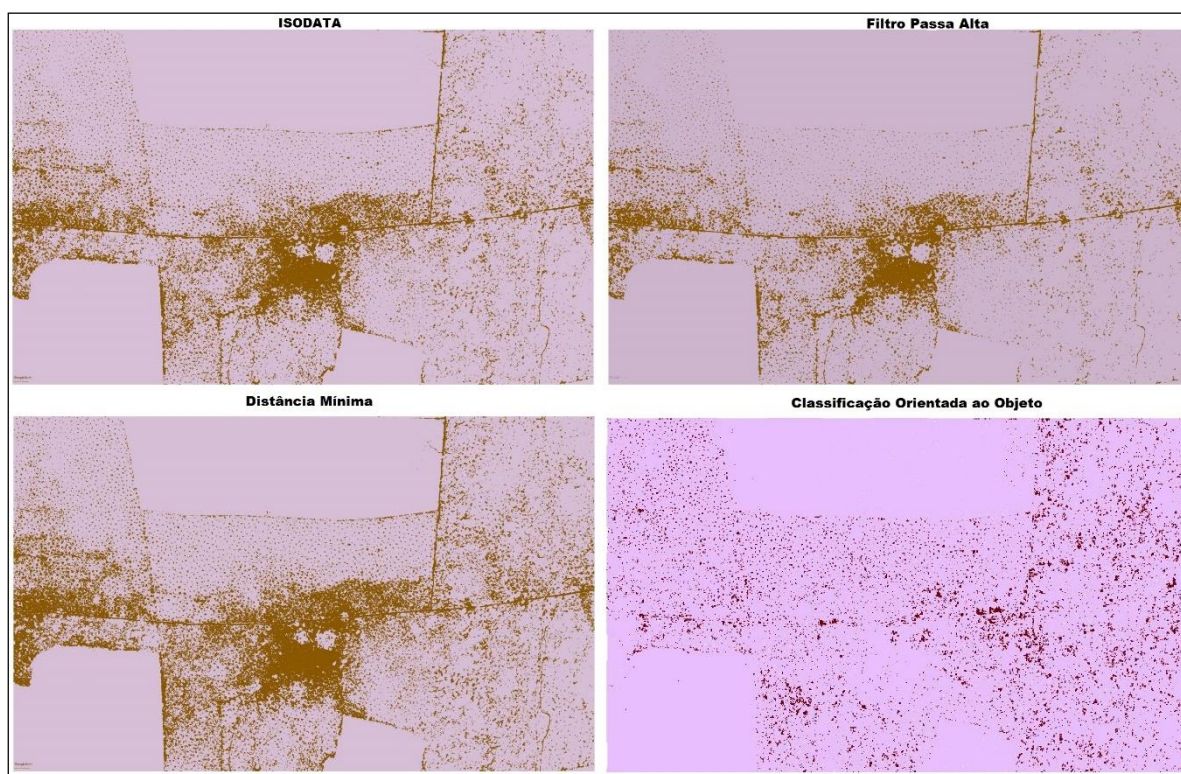


Figura 3 – Resultado da classificação.

Em visita a campo, constatou-se que nas áreas onde os murundus foram decaptados, geralmente próximos a residências, mantém-se o mesmo brilho (valor do número digital) dos murundus. Logo, somente foi possível diferenciar estas duas classes utilizando algoritmos que levaram em conta a geometria para classificação. Os atributos geométricos também possibilitaram diferenciar as classes estradas não pavimentadas de murundus. Ao norte, sul e a sudoeste da área teste pode-se notar certa homogeneidade da classe “restante”, isso porque é uma área de cobertura vegetal onde o dossel das árvores e arbustos cobrem os murundus. Por conseguinte, não é possível a identificação utilizando estes métodos de processamento digital de imagens. Sendo assim, para o mapeamento dos campos de murundus de toda região Chapada Diamantina é necessário desenvolver outros métodos.

Outra forma de avaliação utilizada foi o cálculo de índices de exatidão das classificações (Tabela 1). Calculou-se mais de um índice de exatidão devido às diferenças que eles podem apresentar, principalmente entre Kappa, Tau com o Global, que segundo Figueiredo e Vieira (2007), as diferenças entre índice Tau e Kappa é pequena e são mais consistentes que o índice Global por envolver no valor final todas as células da matriz de confusão. De forma objetiva, os índices calculados possibilitaram escolher o melhor classificador para o alvo murundus. O pior desempenho na classificação dos murundus foi o método de filtro espacial passa alta. Ou seja, dos 50 pontos avaliados para classes murundus, constatou-se apenas 28 acertos. Os índices Kappa e Tau, que avaliam a concordância para cada classe, foram considerados razoáveis. Os métodos ISODATA e Distância Mínima tiveram bom desempenho na exatidão tanto no índice Kappa quanto Tau. Para o índice Global, tiveram desempenhos quase iguais, sendo 42 acertos de 50. Por fim, a classificação obteve melhor desempenho na função de identificar na imagem os murundus. Foi considerada excelente a avaliação feita pelos índices de exatidão

Kappa e Tau. Embora a classificação orientada ao objeto exija maior tempo de processamento, por ora é a que melhor separa os murundus de outras classes.

Tabela 1 – Avaliação dos métodos de classificação dos murundus a partir dos índices de exatidão.

Métodos	Global (acerto)	Kappa	Tau
ISODATA	84%	0.68000	0.68000
Filtro Passa Alta	56%	0.28756	0.26531
Distância Mínima	83%	0.56140	0.56000
Orientado ao Objeto	92%	0.83974	0.84000

**CONCLUSÕES:** Os resultados do estudo indicaram que a classificação orientada ao objeto tem mais exatidão do que os métodos baseados em pixels porque fornece uma maneira eficaz de incorporar informações espaciais no processo de classificação. Apesar do bom resultado, áreas onde os campos de murundus estão sujeitos a cobertura vegetal não foram passíveis de classificação utilizando-se apenas técnicas de processamento digital de imagem.

**AGRADECIMENTOS:** A CAPES pela concessão da bolsa de estudo. Ao Laboratório de Estudos Ambientais (LEA) do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Terra e do Ambiente (PPGM). Ao Departamento de Ciências Exatas (DEXA) por todo apoio com o material para campo.

#### REFERÊNCIAS:

FIGUEIREDO, G. C.; VIEIRA, C. A. O. Estudo do comportamento dos índices de Exatidão Global, Kappa e Tau, comumente usados para avaliar a classificação de imagens do sensoriamento remoto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. (SBSR)., 2007, Florianópolis. **Anais SBSR** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 5755-5762. On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.13.17.35>>. Acesso em 13 Abr. 2017.

FUNCH, R. R. Termite mounds as dominant land forms in semiarid northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**. 122:27–29, 2015.

OLIVEIRA, P. P; FUNCH, R. R; SANTOS, F. de A. R dos. First pollen survey of murundus in the Chapada Diamantina region of the state of Bahia, Brazil. **Acta Botanica Brasilica**. Belo Horizonte, V. 28, n. 4, p. 638-640, 2014. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S010233062014000400019&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010233062014000400019&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 10 Abr. 2017.

SOUZA, H. J de; DELABIE, J. H. C. ‘Murundus’ structures in the semi-arid region of Brazil: testing their geographical congruence with mound-building termites (Blattodea: Termitoidea: Termitidae). **Journal Annales de la Société entomologique de France (N.S.)**. 52:6, 369-385. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1080/00379271.2017.1281090>. Acesso em 10 Abr. 2017.