

ANÁLISE MULTITEMPORAL DA ARENIZAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO GUANABARA, RESERVA DO CABAÇAL-MT

MULTITEMPORAL ANALYSIS OF SANDIFICATION IN THE GUANABARA STREAM CATCHMENT, RESERVA DO CABAÇAL – MT

Adivane Morais NOGUEIRA*
Nely TOCANTINS**
Peter ZEILHOFER***

Resumo: Este estudo visou monitorar e quantificar a evolução de áreas submetidas ao processo de arenização na bacia do Córrego Guanabara, por meio da classificação supervisionada de imagens de satélite Landsat TM/OLI numa série temporal de 30 anos (1985 a 2015). Constatou-se acurácia entre 78,5% e 92,5% na identificação das áreas afetadas pela arenização cuja extensão variou entre 2,4% (2005) e 6,5% (2010) com ausência do fenômeno em 1985. A classificação do uso e ocupação da terra demonstrou que a substituição do Cerrado por pastagens em áreas com Neossolos Quartzarênicos tem acarretado fortes processos de arenização.

Palavras-chave: Arenização, Classificação supervisionada, Landsat TM/OLI, Bacia do Alto Paraguai.

Abstract: This study aimed to monitor and quantify the evolution of areas submitted to sandification processes in the Cabaçal stream catchment, by means of supervised classification of Landsat TM / OLI satellite imagery during a 30-year time span (1985 to 2015). Overall mapping accuracies of sandifications ranged between 78.5% and 92.5%. Areas affected by sandification increased from 2.4% (2005) to 6.5% (2010), with an absence of the phenomenon in 1985. Land

Introdução

Entre as diversas formas de impactos ambientais negativos decorrentes do uso e ocupação inadequada da terra, destaca-se o processo de arenização típica de climas úmidos. Esta difere da desertificação que se associa a climas áridos ou semiáridos.

A arenização pode ser entendida como o processo de formação de bancos de areia superficiais, pouco ou não consolidadas, que dificultam a fixação de espécies vegetais. Este fato se deve a constante mobilidade dos sedimentos, quer por ação das águas superficiais ou sub-superficiais ou pela ação do vento. É entendido como um fenômeno de degradação ambiental relacionado à abundância de água comprometendo o potencial biológico, devido mobilidade

* Doutoranda em Geografia pela Universidade de Brasília-UnB. E-mail: adinogueira2010@hotmail.com

** Doutora em Ecologia e Recursos Naturais pela Universidade Federal de São Carlos. Pesquisadora Associada da Universidade Federal de Mato Grosso. E-mail: nelytocantins@gmail.com

*** Doutor em Engenharia Florestal pela Ludwig-Maximilians Universitaet Muenchen. Professor Titular da Universidade Federal de Mato Grosso. E-mail: zeilhoferpeter@gmail.com

use and cover classifications showed that the sandification processes were principally triggered by the deforestation of Cerrado savannahs over Quartz sands.

Keywords: Sandification; Supervised classification; Landsat TM/OLI; Upper Paraguay Basin.

dos sedimentos na superfície (SUERTEGARAY, 2012).

Na região sul do país, o fenômeno de arenização foi considerado de origem natural por Suertegaray (2012), no entanto, podendo ser potencializado pelo uso e ocupação inadequado da terra. Estando relacionado também com o grau de fragilidade natural da paisagem, originando áreas degradadas pela impossibilidade do desenvolvimento de cobertura vegetal permanente.

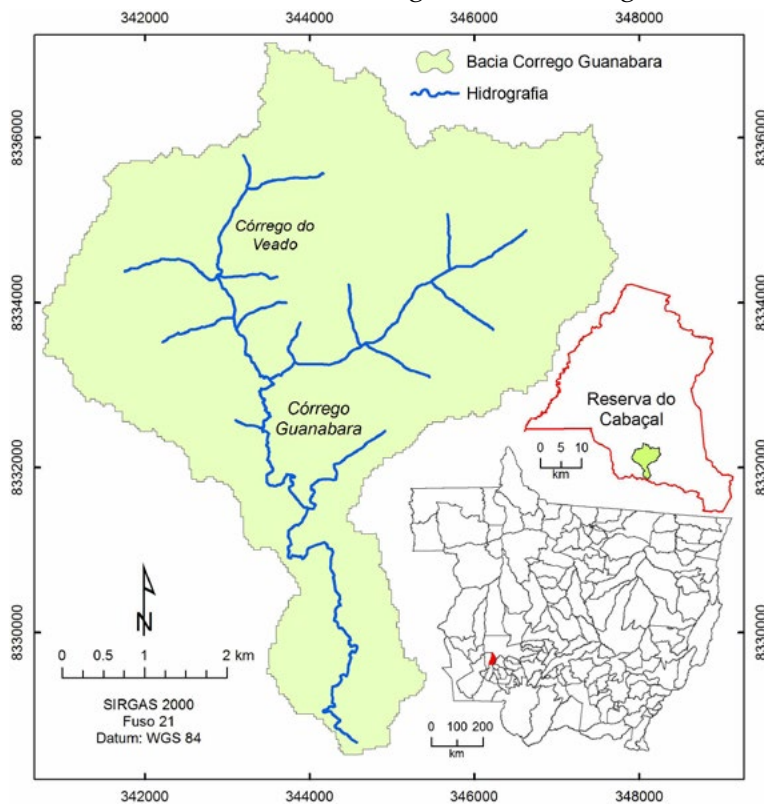
Estudos sobre a arenização têm sido desenvolvidos por Silva (2006), Sousa (2007), Suertegaray (2012) e Scopel et al. (2014) com propósitos de identificar e/ou acompanhar o processo evolutivo dos areais. Desta forma, normalmente utiliza-se imagens orbitais e técnicas de análise espacial em ambientes de Sistema de Informações Geográficas (SIGs). Sendo demonstrada a possibilidade da espacialização deste fenômeno, contribuindo para uma melhor compreensão da dinâmica espaço-temporal e sua relação com o histórico do uso e ocupação da terra.

No estado de Mato Grosso contamos com poucos estudos voltados à esta temática, sendo Silva (2006) e Takata (2016). No município de Reserva do Cabaçal-MT principalmente na Bacia Hidrográfica do Córrego Guanabara (BHCG) estudos de Salomão et al, (2009;2016) e Ribeiro et al., (2013) identificaram possíveis áreas submetidas ao processo de arenização. A BHCG uma sub-bacia do Rio Cabaçal possui área de

cerca de 28,19 km² e pertence à Bacia do Alto Paraguai (BAP), fato este que justifica o interesse no conhecimento do processo de arenização devido a importância da região das altas cabeceiras do Pantanal.

Na cabeceira da BHCG (Figura 1) presencia-se a superfície de aplanamento da Formação Utiariti da Chapada dos Parecis, em altitudes acima de cerca de 500 m, transgredindo para uma região de forte dissecação denudacional ao sul da bacia com declives acentuadas, diminuindo a altitude no exutório para cerca de 320 m segundo Souza et al.(1982). Predomínio de solos arenosos, classificados em sua maioria como Neossolos Quartzarênicos, relevo ondulado e clima semiúmido, caracterizado por chuvas intensas que podem superar 120 mm diárias. Partes da BHCG consistem em um ambiente frágil com manifestação de processos de arenização. Os sedimentos arenosos são erodidos e transportados por escoamento superficial para o vale e leito dos rios, assoreando-os e comprometendo quantidade e qualidade das águas que se dirigem para o Pantanal Mato-grossense. Conforme dados do IBGE (2010) a principal atividade econômica desenvolvida na bacia é a pecuária de leite e corte, além da agricultura de subsistência.

Figura 1. Área de estudo da Bacia Hidrográfica do Córrego Guanabara (BHCG)



Fonte: NOGUEIRA, A. M (2017).

Em estudos anteriores realizados por Salomão (2009), Ribeiro et al. (2013) e Salomão et al. (2016) na BHCG foram identificados por meio de levantamentos de campo, focos de arenização na bacia. Portanto, esta pesquisa objetivou compreender a dinâmica evolutiva do processo de arenização, considerando os aspectos físicos da região. Tais características oferecem um ambiente com potencialidades à degradação, pois, apresenta uma litologia essencialmente arenosa e clima úmido. Logo o uso da terra de forma inadequada expõe a superfície arenosa acarretando a perda de solo por escoamento superficial.

Para identificar, caracterizar e quantificar as áreas submetidas ao processo de arenização e sua dinâmica histórica, contamos com a metodologia, bastante consolidada, de classificação supervisionada com classificador MAXVER de imagens satélite. Para o monitoramento deste fenômeno em clima semiúmido no Cerrado brasileiro foram realizados mapeamentos multi-temporais entre os anos de 1985 e 2015 com imagens Landsat em que avaliou-se também a aplicabilidade e acurácia de técnicas padrão de classificação de imagens multitemporais provenientes do sistema Landsat TM e OLI.

Material e Métodos

O desenvolvimento do estudo foi organizado em quatro (04) etapas de trabalhos: 1. Revisão bibliográfica e documental; 2. Aquisição e pré-processamento de imagens Landsat TM e OLI; 3. Visitas de campo para aquisição de amostras para treinamento de validação e 4. Classificação supervisionada das imagens de satélite e validação dos resultados.

A revisão bibliográfica consistiu primeiramente no levantamento de informações dos aspectos físicos e uso e ocupação da terra no município de Reserva do Cabaçal. Posteriormente verificou-se metodologias que têm sido utilizadas para identificar e mapear áreas submetidas a processo de arenização, como as de Silva (2006) em Mato Grosso e Antunes (2006), Sousa (2007) e Scopel et al. (2013) em Goiás, além de Suertegaray (2012) no Rio Grande do Sul.

Para armazenamento e processamento dos bancos de dados levantados contamos com as técnicas de geoprocessamento. Desse modo, foram reunidas informações disponibilizadas junto à Secretaria de Estado de Planejamento (SEPLAN/MT), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS).

Para identificação das áreas afetadas foram usadas imagens de satélite Landsat TM e CBERS CCD disponibilizadas no site do Instituto Nacional de Pesquisas

Espaciais (INPE). Ao todo utilizou-se cinco imagens georeferenciadas do sistema Landsat 5 TM (nível de correção 1, projeção UTM, Datum WGS 84) e uma do Landsat 8 OLI (nível de correção L1T, com calibração radiométrica e ortorectificação, projeção UTM, Datum WGS 84), ambas incluindo as bandas 3, 4 e 5 com resolução espacial de 30 m (índice WRS 228/70). Com o propósito de facilitar a comparação entre as classificações foram escolhidas imagens sem nuvens, principalmente aquelas do período da seca na região (meses de setembro e outubro).

Inicialmente foram selecionadas imagens em intervalos de 10 anos, sendo a primeira do ano de 1985, coincidente com a emancipação do Município de Reserva do Cabaçal, ano em que não foi detectado áreas arenizadas. No entanto, a partir da observação das imagens, constatou-se que esta série temporal não seria a mais viável para avaliar o referido processo, uma vez que a série apontou que no ano de 2005 iniciou o processo de arenização e em dez anos após, ou seja em 2015 o processo já se apresentava em estágio avançado. Portanto, não contribuiria para o entendimento da dinâmica do fenômeno, que possuiu uma evolução rápida, principalmente durante a última década. Desta forma, os intervalos foram ajustados, com utilização de imagens dos anos de 2005 (12/10), 2008 (18/09), 2010 (08/09), 2011 (27/09) e 2015 (22/09).

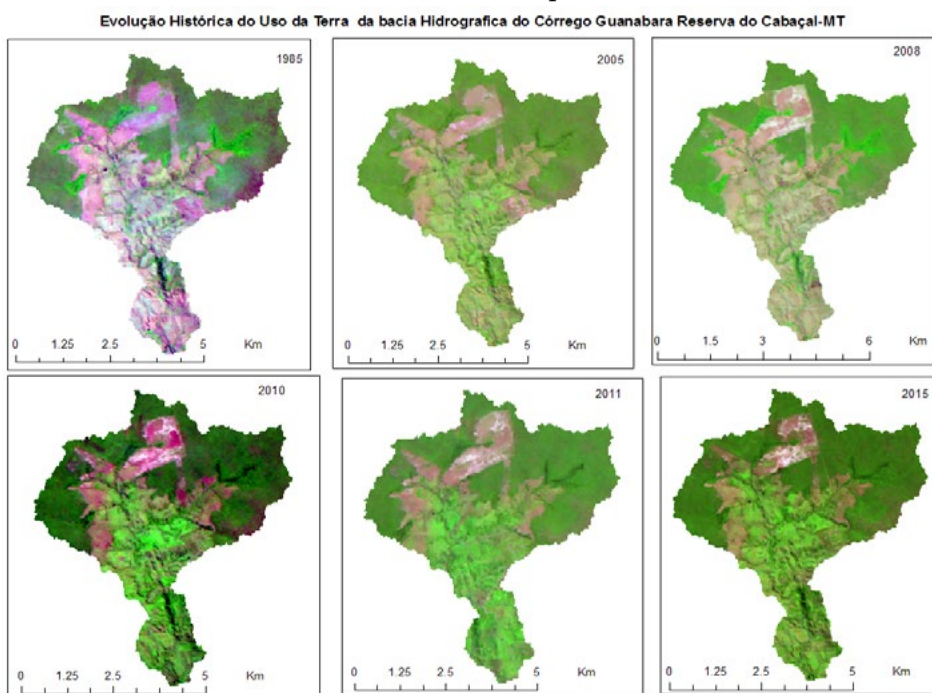
A imagem do Landsat 8 OLI obtida já possuiu ajuste geométrica de alta qualidade (deslocamento < 1 pixel), enquanto as imagens Landsat 5 TM foram reajustadas (reamostragem pelo algoritmo de vizinho mais próximo) a partir de 8 a 12 pontos de controle na rede hidrográfica da base cartográfica da escala 1:100.000, resultando em erros relativos abaixo de 1,2 pixel.

A classificação supervisionada pixel a pixel aplicada consiste em uma técnica padrão em estudos de Sensoriamento Remoto para mapeamento de UOT (FERREIRA, 2006) e na identificação e monitoramento de processos de desertificação (DAWELBAIT; MORARI, 2012) e arenização (VICENTE, 2007). Classificações supervisionadas requerem um conhecimento prévio da área em estudo para designação de áreas de treinamento e extração das assinaturas espectrais típicas para cada classe a ser diferenciada no processo classificatório (SILVA, 2009). Apesar de ser um método paramétrico de classificação, o algoritmo de Verossimilhança Máxima (MAXVER) mostrou em inúmeros estudos possuir robustez nos resultados classificatórios (SHALABY; TATEISHI, 2007).

Foram designados de acordo com as visitas de campo em 2015 e 2016 e a comparação com imagens de alta resolução espacial (SPOT HRG, GeoEye-1) entre 1434 e 1940 pixel, divididos posteriormente por partes em dois conjuntos para treinamento das classificações e suas validações. Com o conjunto de validação foram determinadas as matrizes de erros e determinadas a acurácia no mapeamento de

arenização. Para o monitoramento do UOT foram determinadas a acurácia geral e o coeficiente de Kappa, medida do desempenho geral de classificações, que inclui no seu cálculo elementos non-diagonal da matriz de erro reconhecido como método eficiente para comparação de matrizes de erro (CONGALTON,1991; FOODY, 2002). As imagens de utilizadas para aplicação da classificação supervisionada resultando no mapeamento multitemporal serão apresentadas a seguir (Figura 2).

Figura 2. Imagens de satélite do sistema Landsat 5 TM e 8 OLI, utilizadas na análise multitemporal



Fonte: INPE (2015).

Para limitar classificações errôneas e enfatizar a detecção de áreas arenizadas foram diferenciadas somente três classes no mapeamento do uso da terra, a saber: a) área antropizada denominada como pastagem, a principal atividade desenvolvida na bacia, b) área de vegetação nativa que inclui formações de Cerrado e Florestas semi-decíduas e c) as áreas em processo de arenização.

Resultados e Discussão

Os trabalhos *in loco* permitiram registrar o processo evolutivo das manchas de areias, que tem como característica principal a perda de Matéria Orgânica (M.O.) (Figura 3).

Figura 3. Ilustrações do Processo de Arenização na BHCC

Fonte: NOGUEIRA, A. M. (2017).

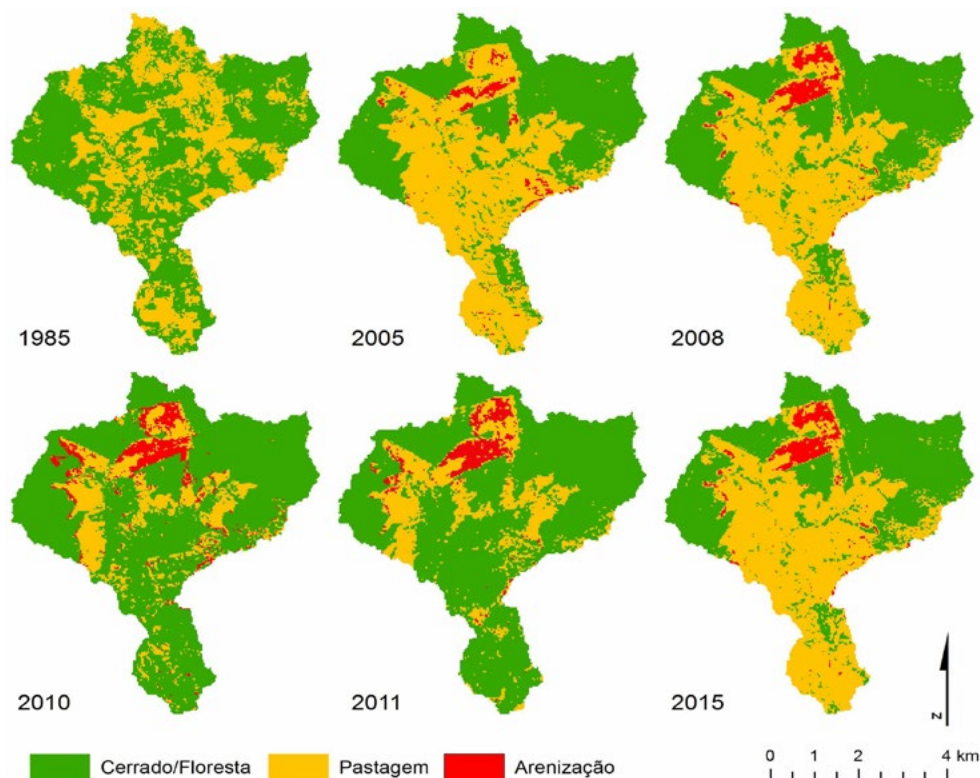
É reconhecida na literatura a importância da M.O. por participar de processos físicos, químicos e biológicos, sua ligação com a ciclagem e retenção de nutrientes, agregação do solo e dinâmica da água, além de atuar como fonte básica de energia para as atividades biológicas (ROSCOE, et al.2006). Para Ferreira (1997) a M.O. existente no solo apresenta-se como fator fundamental de impedimento de mudanças bruscas no meio, que interferem diretamente sobre as atividades biológicas, e das propriedades físicas e químicas do solo.

Apesar do processo de arenização não conduzir definitivamente para condições de deserto, é considerada uma forma de degradação ambiental (SUERTEGARAY, 2012) pois, diminui o potencial biológico das áreas submetidas a esse processo (Figura 3, Foto C). Com a perda da M.O. e da cobertura vegetal as áreas ficam expostas aos agentes físicos como a água e o vento, fato que potencializa processos de ravinamento e posteriormente a formação de voçorocas (Figura 5, Foto D). Dessa forma, os substratos arenosos são transportados e posteriormente depositados no leito e margens dos rios, comprometendo a qualidade e quantidade das águas que se destinam ao Pantanal Matogrossense.

Na imagem de 1985 o mapeamento não detectou áreas arenizadas em extensão suficiente para serem identificadas na resolução espacial do Landsat. Apresentando

maior parte coberta por vegetação nativa onde posteriormente apresentou maior índice de arenização (Figura 4).

Figura 4. Evolução espaço-temporal do uso e ocupação da terra e arenização de 1985 até 2015 da BHCG, Reserva do Cabaçal/MT.



Fonte: NOGUEIRA, A. M (2017).

A estimativa apresentada demonstrou o surgimento e crescimento do processo de arenização durante as duas últimas décadas, e somente a partir do ano de 2005 que manchas de areia foram identificadas. Tal fato demonstra uma relação entre a evolução das áreas arenizadas com o uso e ocupação da terra.

Observou-se que o ano de 2010 apresentou a maior área arenizada. Mesmo assim não pode ser descartada a hipótese da manutenção ou até aumento dessas áreas a partir desse ano na série (Figura 4), isso de acordo com uma avaliação do desempenho das classificações.

Para demonstrar a evolução da arenização, foram calculadas as áreas de vegetação nativa, pastagem e as submetidas ao processo de arenização, nos anos de 2005 onde se identificou o início das manchas de areias e de 2015 o último ano observado. O Quadro (1) apresenta os dados quantitativos estimados.

Quadro 1. Estimativa da evolução das áreas arenizadas entre 2005 e 2015, na bacia hidrográfica do córrego Guanabara, Reserva do Cabaçal-MT.

Estimativa do uso da terra na bacia hidrográfica do Córrego Guanabara, Reserva do Cabaçal-MT					
2005			2015		
Classes	Área (Há)	Porcentagem (%)	Classes	Área (Há)	Porcentagem (%)
Vegetação Nativa	1320.64	46,8%	Vegetação Nativa	1255.05	44,5%
Pastagem	1446.03	51,3%	Pastagem	1445.5	51,3%
Arenização	51.57	1,9%	Arenização	117.39	4,2%

Fonte: NOGUEIRA, A. M (2017).

A estimativa elaborada demonstra que o ano de 2005 a área de vegetação nativa era maior que em 2015. Vejamos que em dez (10) anos as áreas sob processo de arenização cresceram 2,3% sendo um dado significativo e preocupante, visto que a arenização evoluiu consideravelmente.

Essa constatação é mais contundente se considerarmos o avanço constatado do processo de arenização em relação a área da unidade Morfopedológica de Chapada, onde esse processo de degradação se manifesta de forma mais concentrada, por conta da litologia.

Mesmo todas se tratando de imagens Landsat, pode-se observar uma variação na tonalidade das imagens, influenciando na classificação. Neste sentido, foi analisado o grau de desempenho na classificação, conforme apresenta o quadro (2) a seguir.

Quadro 2. Desempenho na classificação multitemporal do Uso e Ocupação da Terra (UOT) e arenização na BHCG, Reserva do Cabaçal/MT

Ano	Índice Kappa UOT	Acurácia Geral UOT (%)	Acurácia arenização (%)
2005	0,950	95,1	85,1
2008	0,880	88,4	78,5
2010	0,609	65,7	89,6
2011	0,580	65,8	92,5
2015	0,891	86,2	79

Fonte: NOGUEIRA, A. M. (2017).

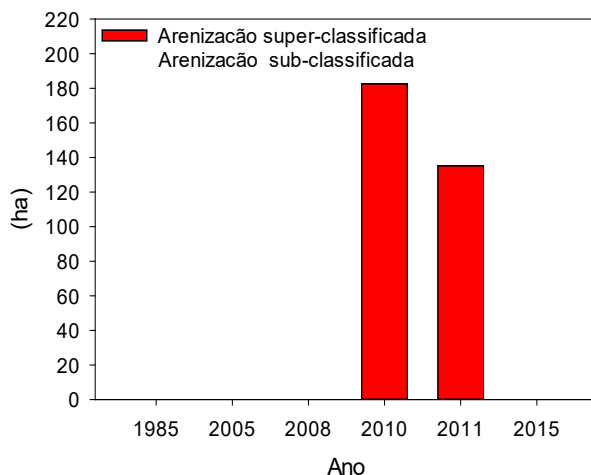
As segundas classificações MAXVER do UOT e da extensão da arenização resultaram em acurácias gerais, índices de Kappa e acurácias parciais bastante distintas (Quadro 2). Enquanto foram obtidos indicadores de alta qualidade em 2005, 2008 e 2015 com acurácias gerais acima de 86,2% e índices Kappa maior ou igual a 0,88, o desempenho no mapeamento do UOT foi limitado nos anos de 2010 e 2011 com acurácias gerais abaixo do que 66% e índices de Kappa menores do que 0,61.

O desempenho reduzido nestes dois anos ocorreu principalmente devido a fortes subestimativas das áreas de pastagem, pois não ocorreu redução real das mesmas em comparação com o ano de 2008. Os anos de 2005 e 2008, com acurácias parciais de 85,1% e 78,5% respectivamente, mostraram a existência de uma tendência de sub-classificação das áreas com arenização (predominância de falsos negativos) entre cerca de 70 e 105 ha.

A identificação das áreas de arenização foi mais confiável para os anos de 2010 e 2011, com acurácias parciais de 89,6 e 92,5%, respectivamente. Os erros, entretanto, foram principalmente falsos positivos, ou seja, a área de arenização foi super-classificada nesses dois anos.

Já no ano de 2015 com acerto inferior a 79,6% ocorrem frequentemente falsos negativos, ou seja, a extensão das áreas com arenização foi sub-classificada. Desta forma entende-se que as variações anuais apresentaram tendência inferior às estimativas obtidas, porém com tendência de aumento a partir de 2005.

Figura 5. Evolução temporal das áreas absolutas afetadas por processos de arenização 1985 até 2015 da BHCG com avaliação qualitativa das super e subclassificações ocorridas.



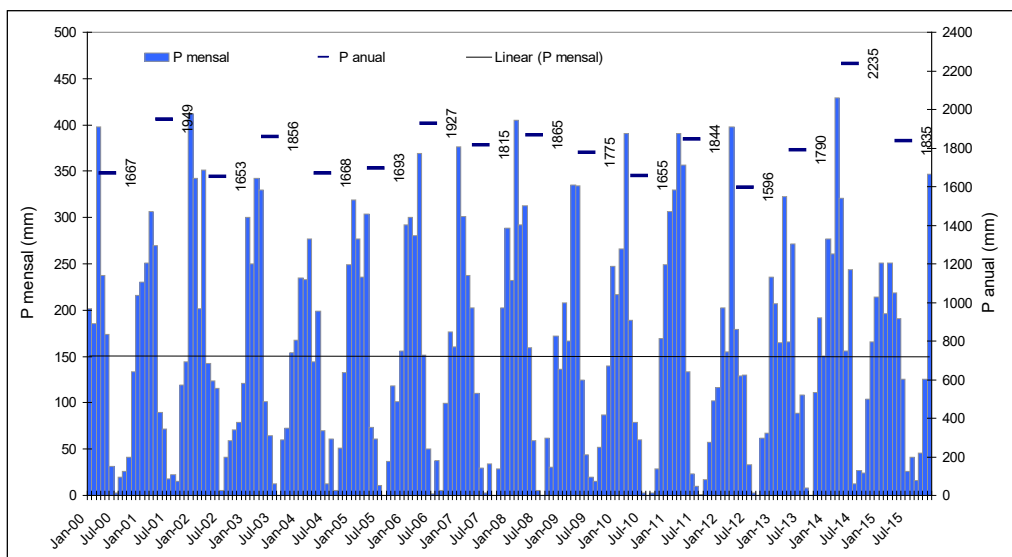
Fonte: NOGUEIRA, A. M. (2017).

Dados médios estimados de precipitação para a abrangência da BHCG utilizando o produto TRMM 3B43 (versão 7) provenientes do sistema Giovanni-4 da NASA demonstram que não houve alterações significativas nas precipitações entre 2000 e 2015 na bacia (Figura 6). Assim, sugere uma relação intrínseca entre o processo de arenização com as transformações de uso e não relações causais com eventuais alterações climáticas.

O mapeamento demonstra ainda uma concentração do desencadeamento do processo de arenização ao norte da bacia, fato este que se deve às características geomorfológicas, litoestratigráficas e pedológicas locais. As cabeceiras da bacia (ao norte) estão inseridas nas cotas mais elevadas da Chapada dos Parecis da formação Utiariti, composta de unidades litoestratigráficas, formadas em sua quase totalidade, por rochas sedimentares arenosas (RIBEIRO et al., 2013).

Principal tipo de solo resultante do intemperismo dos arenitos são os Neossolos Quartzarênicos, solos profundos e muito profundos, de pouco desenvolvimento, com baixa capacidade de retenção de umidade, intensa lixiviação, considerável susceptibilidade à erosão e granulometria com teores de areia em torno de 90% conforme identificados no trabalho de Ribeiro et al. (2013).

Figura 6. Precipitação mensal e anual entre 2000 e 2015, estimada a partir do produto TRMM 3B43 para a extensão da BHCG.



Fonte: NOGUEIRA, A. M. (2017).

Neste sentido, entende-se que os fatores ambientais são fatores determinantes para o processo de arenização, uma vez que os mesmos indicam fragilidade natural do ambiente. Deste modo, o uso inadequado da terra voltado a pecuária

de leite e corte, além da agricultura de subsistência a principal atividade econômica do município desde a sua ocupação. Assim, tem desencadeado processos de degradação como arenização e processos erosivos, levando a perda de solo, formação de imensas ravinas, voçorocas, assoreamento e a destruição de nascentes. O resultado desta degradação é vivenciado pela ocorrência de alagamentos periódicos durante o período de chuva nas porções rebaixadas em amplos fundos de vales dos cursos d'água afluentes do Rio Cabaçal.

Considerações Finais

Por meio da metodologia aplicada com classificação supervisionada de imagens orbitais, foi possível elaborar um mapeamento das áreas submetidas ao processo de arenização na BHCG. Apesar do uso de imagens do mesmo período climático nos anos avaliados, o classificador pixel-a-pixel MAXVER demonstrou limitações na análise multitemporal.

Futuros estudos devem considerar a utilização de imagens de refletância após correção atmosférica para melhorar a comparabilidade entre os diferentes anos e facilitar a designação uniforme de áreas de treinamento.

Outras abordagens metodológicas para maximizar a comparabilidade entre os mapas produzidos e minimizar a geração de diferenças seria a técnica da extensão multitemporal das assinaturas espectrais utilizadas na classificação.

Devido à intensidade dos processos foi possível, porém, fazer constatações ao respeito da gênese e evolução da arenização no período da série estipulada de 30 anos, possibilitando a compreensão da dinâmica envolvida.

A partir da classificação multitemporal observou-se que as áreas de maior ocorrência do processo de arenização estão associadas a abrangência da Chapada dos Parecis com Formação Utiriti que origina solos essencialmente arenosos. Este tipo de solo quando exposto à superfície e aos agentes naturais como o clima, que na região se caracteriza como úmido, com chuvas torrenciais concentradas em um período do ano, possibilita grande degradação. Desta forma, o desmatamento com retirada total da vegetação nativa para inserção de pastagem, expõe a superfície que perde seu potencial biológico e nutrientes básicos que são normalmente raros neste tipo de solo. Consequentemente, a própria pastagem não se sustenta potencializando fenômenos naturais, como escoamento superficial, processos erosivos com grande perda de solo, conforme demonstra os estudos de Salomão 2009;2016; Ribeiro et al. 2013 e Nogueira; Tocantins; Salomão, (2019).

O estudo evidenciou que de fato o processo de arenização está atrelado a ocupação e uso da terra, uma vez que anterior a ocupação não foi detectada áreas arenizadas. Sendo identificadas em 2005 e aumentando significativamente em dez anos. Neste período analisado não foi registrado alterações nas médias de precipitação na região para justificar tal avanço principalmente ao fator climático.

Deste modo, incentiva-se a aplicação de medidas de controle, contenção e principalmente prevenção do avanço deste processo. Especialmente nas porções do terreno situados na Borda da Chapada, na interface com escarpas desfeitas exigem cuidados especiais quanto à ocupação, devendo ser mantidas preservadas pela cobertura vegetal natural, e, naquelas já desmatadas, necessita a recuperação com urgente plantio de espécies vegetais adaptadas ao ambiente local.

As demais áreas apresentam-se favoráveis à ocupação urbana e rural (especialmente pecuária), no entanto, necessita de uma proteção de Áreas de Proteção Permanentes (APP) e das planícies de inundação isolando-as e recuperando a cobertura vegetal.

Sendo assim, sugere-se que a utilização dos recursos destes ambientes de acordo com suas potencialidades, tais como atrativos naturais voltados à atividade turística, cultivo de espécies nativas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT), Ministério de Educação (MEC), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Universidade Estadual de Mato Grosso (UNEMAT), à Rede ASA Pro-Centro-Oeste- Edital 031/2010.

Referências

- ANTUNES, E. C. *Recuperação de áreas degradadas por meio de recomposição vegetal em solos arenosos no sudoeste goiano*. 2006. Tese (Doutorado em Ciências Materiais) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2006. Disponível em: https://ciamb.prpg.ufg.br/up/104/o/Erides_Antunes2002.pdf. Acesso em: em 22 fev. 2016.
- CONGALTON, R. G. A review of assessing the accuracy of classification of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, New York, v. 37, p. 35-46, 1991.
- DAWELBAIT, M.; MORARI, F. Monitoring desertification in a savannah region in sudan using landsat images and spectral mixture analysis. *Journal of Arid Environments*. London, v. 80, p. 45-55, 2012.

FERREIRA, L. M. *As Interações em a fração mineral e a fração orgânica em solos da região de Bauru, S.P.* São Paulo: USP, 1997.

FERREIRA, N. C. *Apostila de Sistema de Informações Geográficas*. Goiás: Centro Federal de Educação Tecnológica, 2006.

FOODY, G. M. Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing of Environment*, New York, v. 80., p. 185-201. 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 11/03/2016.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Disponível em: http://www2.dgi.inpe.br/CDSR/#zoom=3¢er_lat=0¢er_lng=0. Acesso em: 11/03/2016.

NOGUEIRA, A. M. *Caracterização do processo de Arenização na Bacia Hidrográfica do Córrego Guanabara, Reserva Do Cabaçal BAP/MT*. 2017. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2017.

NOGUEIRA, A. M.; TOCANTINS, N.; SALOMÃO, F. X. T. Degradação de áreas com processo de Arenização na Bacia do Córrego Guanabara, Município de Reserva do Cabaçal-MT. *Revista Brasileira de Geografia Física*, Recife, v. 12, p. 722-737, 2019.

RIBEIRO, J. C.; TOCANTINS, N.; FIGUEIREDO, M. Diagnóstico dos processos erosivos na sub-bacia do Córrego Guanabara, município de Reserva do Cabaçal, Pantanal, MT. *Revista GeoPantanal*, Campo Grande, v. 8, n. 14, p. 152 -169, jan./jun. 2013. Disponível em: <http://www.seer.ufms.br/index.php/revgeo/article/view/108>. Acesso em: 15 mar. 2015.

ROSCOE, R; M., Fábio, M; SALTON, J. C. *Dinâmica da matéria orgânica do solo: em sistemas conservacionistas*. EMBRAPA: Dourados, 2006.

SALOMÃO, F. X. T. *Subsídios técnicos voltados ao controle dos processos erosivos na bacia do Córrego Dracena, Município de Reserva do Cabaçal (MT)*. [S.l.]: [s.n.], 2009. (Relatório técnico).

SALOMÃO, F. X. T.; RIBEIRO, J. C.; TOCANTINS, N. *Sensoriamento remoto para diagnóstico à erosão laminar e linear da sub-bacia hidrográfica do córrego Guanabara, da bacia do Alto Paraguai, no Município de Reserva do Cabaçal/MT*, [S.l.]: [s.n.], 2016 (Relatório técnico).

SCOPEL, I; SOUSA, M. S; PEIXINHO, D. M; MARTINS, A. P. Levantamento de áreas sob arenização e relação com o uso da terra no sudoeste de Goiás e no sudoeste do Rio Grande do Sul- Brasil. *Observatorium: Revista eletrônica de Geografia*, Uberlândia, v. 5, n.15, p 24-47, 2013.

SCOPEL. I.; SOUSA M. S.; PEIXINHO, D. M; MARTINS, A. P.; LIMA, L. *Água no solo e potencial de uso de solos muito arenosos nos Cerrados (Savanas) do Brasil*. Disponível em: ><http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal14/Procesosambientales/Impactoambiental/22.pdf>> Acesso em: 22 abr. 2014.

SEPLAN – Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral. Ligia Camargo (Org). *Atlas de Mato Grosso: abordagem socioeconômico-ecológica*. Cuiabá: Entrelinhas, 2011.

SHALABY, A.; TATEISHI, R. Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land-use changes in the Northwestern coastal zone of Egypt. *Applied Geography*, Oxford, v. 27, n. 1, p. 28-41, 2007.

SILVA, J X. O que é Geoprocessamento? *Revista CreaRJ*, Rio de Janeiro, p. 42-44, out./nov., 2009.

SILVA, R. A. *Arenização/Desertificação no setor sul da alta Bacia do Rio Araguaia (GO/MT): distribuição e Fatores condicionantes a formação dos areais 2006*. 136 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Sócio-ambientais. Universidade Federal de Goiás, 2006.

SOUSA, M. S. *As transformações da paisagem: contribuição ao estudo da formação de areais na bacia do Ribeirão Sujo, município de Serranópolis/GO*. 2007. 205 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Sócio-ambientais. Universidade Federal de Goiás, 2007.

SOUZA Jr, J. da et al. *Folha SD. 21 Cuiabá: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra / Projeto RADAMBRASIL*. Rio de Janeiro: o projeto, 1982.

SUERTEGARAY, D. M. A. *Arenização natureza socializada*. Porto Alegre: compasso lugar cultura e Imprensa Livre, 2012.

TAKATA, T. R. *Processo de Arenização em áreas de ocorrência de Neossolos Quartzarênicos no Município de Primavera do Leste – MT*. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2016.

VICENTE, L. E. *Caracterização de sistemas ambientais tropicais complexos utilizando análise sistêmica classificação hiperespectral de dados do sensor ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer)*. 2007. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Geociências, UNICAMP: São Paulo, 2007. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/287187>. Acesso em: 12 nov. 2016.