

USO DO AUTOMATED WATER EXTRACTION INDEX MODIFICADO PARA ANÁLISE DA REDUÇÃO DO NÚMERO DE CORPOS D'ÁGUA EM ÁREAS DE EXPANSÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR: UM ESTUDO DE CASO EM ÁLVARES FLORENCE-SP

Fernanda Cristina Carvalho Milani¹, Jorge Laço Portinho¹, Daniel Gomes¹ e Luiz Eduardo Vicente¹

¹Embrapa Meio Ambiente, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
Rodovia SP-340 Km 127.5, S/N - Tanquinho Velho. Jaguariúna - SP, 13918-110.
{fernandacmilani, jorgeportinho}@gmail.com; {daniel.gomes, luiz.vicente}@embrapa.br

ABSTRACT

This work aims to analyze the reduction of water bodies number by the expansion of sugarcane crop advancement in Álvares Florence - SP between 2006 and 2017. The land use and land cover information were obtained from MapBiomass, allowing the comprehension of the changes that occurred in landscape. The identification of water bodies happened through the application of modified $AWEI_{nsh}$ in Landsat-5 TM and Landsat-8 OLI images of 2006, 2010, 2015 and 2017. As results, it was observed the sugarcane expansion of 10,000 ha. It was also noted that there is an association between sugarcane activity and the reduction of number of water bodies in landscape, that may cause the habitat loss for various species.

Key words – Sugarcane, Land Use, Water Bodies, AWEI, Landscape

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por energias alternativas ao petróleo estimula a produção de biocombustíveis. Em consequência, é necessário que a produção das culturas que geram biocombustíveis também aumente [1]. No Brasil, e em especial no estado de São Paulo, essa demanda levou à expansão do cultivo de cana-de-açúcar, principalmente substituindo áreas de pastagem [2]. Assim, fica evidente que a produção de bioetanol tem uma relação estreita com a questão da mudança do uso e cobertura da terra no estado.

A esta mudança devem ser vinculadas algumas consequências para a conservação da biodiversidade. A imposição de novos usos da terra, como o caso da expansão da cana-de-açúcar, altera significativamente a paisagem, criando uma nova dinâmica no território, tanto para os seres humanos quanto para os demais seres vivos daquele ambiente. A conversão de pastos para culturas de cana-de-açúcar pode fazer com que ambientes aquáticos também sejam afetados, reduzindo número de corpos d'água (habitats) na paisagem e ameaçando as espécies de animais (e.g. anfíbios, insetos aquáticos) que utilizam estes ambiente para reprodução e sobrevivência [3]. No entanto, as consequências do processo da expansão da cultura sobre os corpos d'água em paisagem têm sido pouco estudadas.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho é investigar a associação entre o processo de expansão da cana-de-açúcar e a redução do número de corpos d'água na paisagem na cidade

de Álvares Florence - SP.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Álvares Florence está localizado na porção noroeste do estado de São Paulo (Figura 1), com uma área de 361,84 km², entre a longitude 49.9102° W e latitude 20.3205° S. A escolha de Álvares Florence foi feita a partir do seminário *Monitoring of Agricultural Land Use in São Paulo State - Brazil Using Geotechnology Approach*, apresentado em 2012 na 16ª edição da Conferência ICABR [4], que constatou a grande mudança no uso e cobertura da terra, sendo um dos municípios do estado de São Paulo com maior conversão de pastagem para cana-de-açúcar.

O estudo da expansão da cana-de-açúcar no município foi estabelecido a partir da análise do MapBiomass, que é uma plataforma online de mapeamento do uso e cobertura do solo no Brasil a partir de 1985 [5]. Através desta plataforma, foram obtidos os *shapefiles* de uso e cobertura de Álvares Florence para os anos de 2006, 2010, 2015 e 2017, permitindo a visualização e quantificação do espaço que cada tipo de uso ocupou ao longo do tempo. Com base na análise pluviométrica da estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) [6] de Votuporanga, cidade vizinha a Álvares Florence, foram escolhidos estes anos de estudo devido à similaridade pluviométrica que apresentaram, fazendo com que a chuva não fosse fator responsável por induzir os resultados.

Para investigar a associação entre o processo de expansão histórica da cana-de-açúcar e a redução do número de corpos d'água na paisagem, foram testados índices de água e o *Automated Water Extraction Index* ($AWEI_{nsh}$) [7] apresentou melhor resultado. Entretanto, o índice puro não foi capaz de identificar corpos d'água eutrofizados, necessitando seu aprimoramento. Assim, o $AWEI_{nsh}$ foi multiplicado pelo *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), permitindo a visualização dos corpos d'água eutrofizados. Os resultados da aplicação do índice $AWEI_{nsh}$ puro foram unidos aos resultados da aplicação do índice aprimorado $AWEI_{nsh} * NDVI$, de modo a apresentar todos os corpos d'água. A aplicação do índice foi feita em imagens Landsat-5 TM e Landsat-8 OLI no *software* ArcMap 10.5, que correspondem à primeira imagem sem nuvens pós-verão em cada ano. Optou-se pelo uso do Landsat devido à sua série histórica. A partir da identificação e quantificação da cana-de-açúcar e dos corpos d'água foi possível gerar gráficos no *software* SigmaPlot. Foram também gerados mapas no

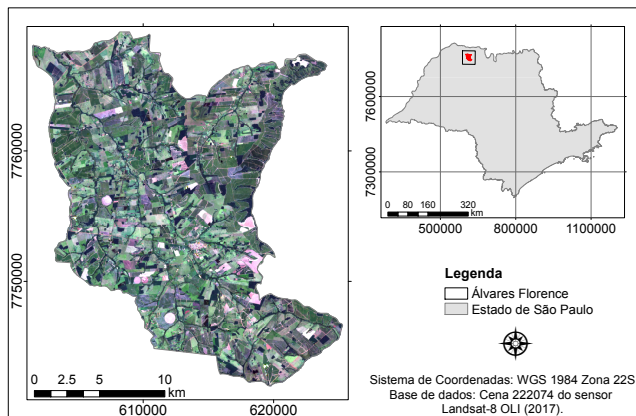


Figura 1: Localização do Município de Álvares Florence no Estado de São Paulo. Composição colorida RGB 432.

ArcMap 10.5, isolando a cana-de-açúcar dos demais usos e apontando a localização dos corpos d'água identificados pelo índice aprimorado $AWEI_{nsh} * NDVI$.

3. RESULTADOS

Os resultados obtidos a partir da análise de dados do MapBiomas apontam a mudança no uso e cobertura da terra em Álvares Florence entre 2001 e 2017 (Figura 2a). Fica claro que a intensificação do processo de expansão da cana sobre a pastagem começa em 2006, quando os valores da área plantada duplicaram (38,97 ha em 2005 e 87,3 ha em 2006). Nos anos subsequentes, observa-se um aumento exponencial de uso da terra pela cana, que estabiliza em 2015, quando atinge 10.349 ha e se mantém similar em 2017, com 10.025 ha (Figura 2a).

Neste mesmo período, o índice $AWEI_{nsh} * NDVI$ identificou uma redução no número de corpos d'água na paisagem, principalmente entre 2006 e 2010, partindo de 164 para 132 corpos d'água. No ano estudado em sequência, 2015, nota-se que há uma redução no número de corpos d'água, chegando a um total de 128. Entre 2015 e 2017 este número é reduzido novamente, compreendendo 124 corpos d'água.

A partir da aplicação do índice e da análise do MapBiomas foi gerado o mapa (Figura 3) que espacializa o avanço da cana e a redução do número de corpos d'água na paisagem. O mapa evidencia que nas regiões Noroeste, Nordeste e Sudeste do município há ampla redução dos corpos d'água, principalmente entre 2006 e 2010. É notória a grande transformação que o município sofreu em poucos anos devido ao avanço da cana.

4. DISCUSSÃO

Com base na aplicação do índice de água aprimorado e da análise do MapBiomas, nota-se que há uma associação entre a expansão canavieira e a redução do número de corpos d'água na cidade de Álvares Florence durante o período estudado. A expansão da cultura em áreas de pastagens também causa outros impactos negativos, como a perda de diversidade florística [8].

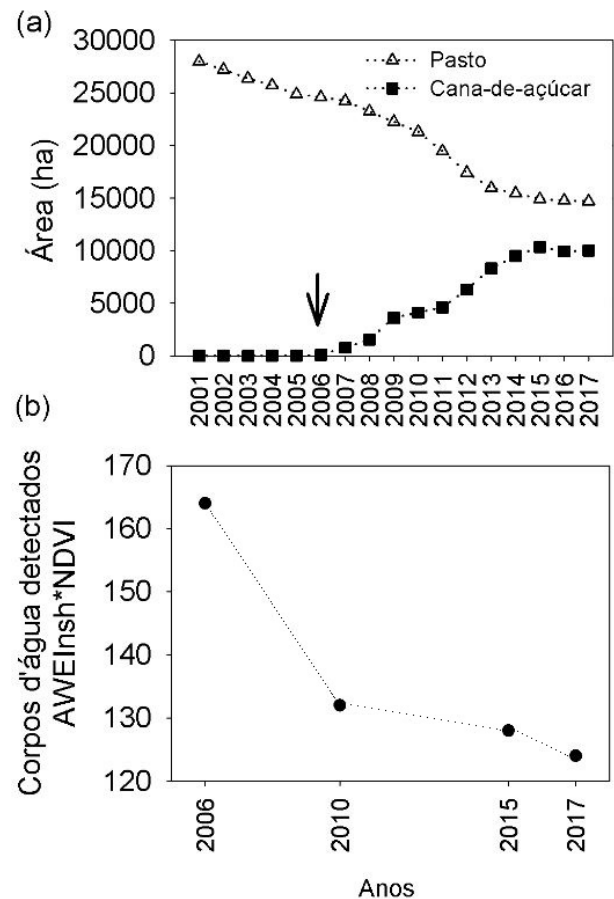


Figura 2: (a) área de pasto e cana-de-açúcar entre os anos de 2001 e 2017 em Álvares Florence – SP, (b) corpos d'água detectados pelo índice $AWEI_{nsh} * NDVI$ no anos de 2006, 2010, 2015 e 2017. A seta indica o início da intensificação do avanço da cana-de-açúcar.

É necessário ressaltar que a conversão de pasto para cana-de-açúcar é uma prática comum e tem se expandido no oeste paulista [9], estabelecendo novas dinâmicas de exploração agropecuária e interferindo na paisagem como um todo. Neste sentido, o MapBiomas pode ser visto como uma importante ferramenta para o entendimento e monitoramento da mudança de uso e cobertura da terra. Em Álvares Florence, o uso do MapBiomas permitiu acompanhar a acelerada expansão canavieira, que cresceu mais de 10.000 ha entre 2006 e 2015.

A identificação dos corpos d'água foi realizada através do aprimoramento do $AWEI_{nsh}$, índice de água que tem sido bastante utilizado nos últimos anos, mas que não é sensível para corpos d'água eutrofizados. Deste modo, multiplicar este índice pelo índice de vegetação *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) foi a solução encontrada para deixar em evidência os corpos d'água eutrofizados, que apresentam reflectância espectral diferente dos corpos não-eutrofizados. Enfatizamos que, apesar de ter apresentado o melhor resultado frente a outros índices de água, o índice aprimorado apresenta erros e não foi capaz de detectar todos os corpos d'água presentes em Álvares Florence nos anos estudados, além de confundir e incorporar áreas de solo exposto e telhados. Assim, as áreas não correspondentes a corpos d'água foram excluídas a fim de se obter um resultado

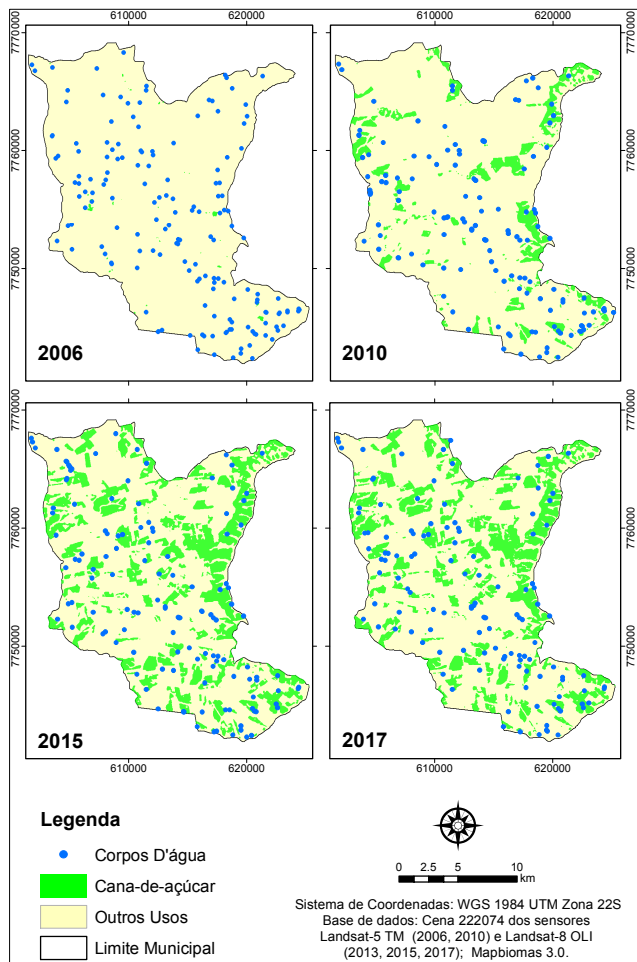


Figura 3: Relação da expansão das áreas plantadas de cana-de-açúcar e da redução do número de corpos d'água na cidade de Álvares Florence – SP para os anos de 2006, 2010, 2015 e 2017.

mais fidedigno.

Através do resultado da aplicação do índice, vemos que houve ampla redução no números de corpos d'água entre 2006 e 2017, saindo de 164 para 124 corpos. A maior queda de corpos d'água, entre 2006 e 2010, pode ser associada ao momento de consolidação da cana-de-açúcar no município. Já entre 2010 e 2015 e 2015 e 2017, as ligeiras reduções podem ser associadas à estabilização da área plantada de cana-de-açúcar.

5. CONCLUSÕES

Nossos resultados apontam que a redução do número de corpos d'água na cidade de Álvares Florence é um processo associado à expansão da cana-de-açúcar no município. Salientamos aqui o grande problema que esta transformação do uso da terra causa, uma vez que sérias consequências ecológicas podem ocorrer, como a perda de habitats de

diversas espécies de animais [3]. Sendo assim, é necessário que este estudo seja ampliado, compreendendo outras áreas de expansão da cana-de-açúcar, a fim de que se entenda as consequências deste processo em larga escala e que as agências públicas de manejo e os tomadores de decisões possam definir melhores maneiras de enfrentar a situação e

reduzir os impactos.

6. AGRADECIMENTO

Agradecemos à Plataforma ABC/ Embrapa Meio Ambiente por todo apoio nas atividades desenvolvidas neste trabalho.

7. REFERÊNCIAS

- [1] RUDORFF, B. F. T. et al. Studies on the rapid expansion of sugarcane for ethanol production in são paulo state (brazil) using landsat data. *Remote sensing*, Molecular Diversity Preservation International, v. 2, n. 4, p. 1057–1076, 2010.
- [2] CAMARA, M. R. G. D.; CALDARELLI, C. E. Expansão canavieira e o uso da terra no estado de são paulo. *Estudos Avançados*, SciELO Brasil, v. 30, n. 88, p. 93–116, 2016.
- [3] DOBROVOLSKI, R. et al. Agricultural expansion and the fate of global conservation priorities. *Biodiversity and Conservation*, Springer, v. 20, n. 11, p. 2445–2459, 2011.
- [4] VICENTE, L. E. et al. Monitoring of agricultural land use in são paulo state-brazil using geotechnology approach. In: IN: INTERNATIONAL CONSORTIUM ON APPLIED BIOECONOMY RESEARCH, 16.; SEMINAR EAAE, 128., 2012, RAVELLO, ITALY. ANAIS... RAVELLO: CABR, 2012. *Embrapa Monitoramento por Satélite-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. [S.l.], 2012.
- [5] MAPBIOMAS. *Projeto MapBiomas – Coleção 3.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil*. 2018. Disponível em: <https://code.earthengine.google.com/?accept_repo=users/mapbiomas/user-toolkit>.
- [6] INMET. *Instituto Nacional de Meteorologia - Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática*. 2018. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesautomaticas>>.
- [7] FEYISA, G. L. et al. Automated water extraction index: A new technique for surface water mapping using landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, Elsevier, v. 140, p. 23–35, 2014.
- [8] SÃO PAULO. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB. *SÚMULA DO PARECER TÉCNICO 67656/09/TA*. Sma 13.815/07. São Paulo, 2009.
- [9] TRABAQUINI, K. et al. Avaliação espaço-temporal da cultura da cana-de-açúcar no oeste paulista. In: IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 18., 2017, SANTOS. ANAIS... SANTOS: INPE, 2017. P. 4764-4771. *Embrapa Monitoramento por Satélite-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. [S.l.],