

MAPEAMENTO DAS LAGOAS MARGINAIS DO ALTO CURSO DO RIO SÃO FRANCISCO

SILVA, Nayara Jamine ¹; OLIVEIRA, Diego Alves de ².

1 Nayara Jamine Silva, Bolsista IFMG, Geografia, IFMG Campus Ouro Preto, Ouro Preto - MG; nayarajamine@hotmail.com

2 Diego Alves de Oliveira: Pesquisador do IFMG, Campus Ouro Preto; diego.oliveira@ifmg.edu.br

RESUMO

As zonas úmidas são sistemas complexos, ainda não totalmente compreendidos pela ciência, e desempenham funções importantes para o ecossistema, como regularização do nível de água entre períodos de seca e úmidos, suporte ao ecossistema local, purificação da água e estoque de carbono. Junto com o rio São Francisco, um dos maiores do Brasil, apresenta grande potencial hídrico. Essas áreas estão diminuindo devido a vários fatores antes de serem devidamente identificadas e registradas. Dessa forma elas precisam de pesquisas que busquem compreender, identificar e enfatizar sua importância. A área de estudo é composta pelo alto curso do rio São Francisco, desde sua nascente, coordenadas 20°18'27.23"S, 46°32'10.42"O, na região da Serra da Canastra, até o início do lago de Três Marias, 18°57'46.66"S, 45° 7'17.50"O. Nesta pesquisa, as zonas úmidas são as lagoas marginais no curso do rio alimentadas por pulsos de inundação, que são períodos de elevação na altura do rio e que preenchem as planícies de inundação, fazendo uma troca de nutrientes entre o sistema terrestre e aquático, podendo ser identificados por meio da análise dos dados fluviométricos diários, ou seja, tomando-se os parâmetros que representam a altura, vazão e velocidade do rio. Ao utilizar recursos e técnicas de sensoriamento remoto, estudou-se as áreas úmidas através das imagens do satélite Landsat 5, sensor TM, adquiridas no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) com o objetivo de identificar e mapear a localização e extensão das áreas úmidas entre 1992 e 2008. Além disso, tomamos os dados de altura da estação fluviométrica Ponte do Chumbo (código 40070000) da Agência Nacional das Águas (ANA). Em posse dos dados da estação e do período supracitados, a existência de um pulso de inundação nos dias cujo nível do rio foi superior aos 600 mm foi considerada. A partir disso, esses dados foram essenciais para determinar quais imagens seriam usadas na pesquisa. Em adição, verificou-se também a disponibilidade das imagens das datas em que os dados fluviométricos estivessem acima do esperado, bem como sua qualidade. Essas imagens foram processadas em softwares específicos – IDRISI versão Selva e o *Quantum* GIS (QGIS) versão 3.16. Como resultado, as datas trabalhadas são: 08/01/1997, cuja cota do rio era de 1232 mm e com aproximadamente 703.14 km² de feições identificadas como área úmidas; e 12/04/2008, com 782 mm e 165.44 km² de feições. É perceptível a redução de áreas úmidas entre um período e outro, induzindo-nos e reforçando que essas áreas podem ser consideradas um valioso recurso hídrico para consumo humano, fornecimento de água e manutenção da biodiversidade. Todavia elas necessitam de estudos, identificação e proteção que garantam sua dinâmica e desempenho de suas funções.

Palavras-chave: Áreas Úmidas, Pulsos de Inundação, Rio São Francisco

INTRODUÇÃO:

As áreas úmidas são de grande importância para manutenção do ecossistema por prestarem diversos serviços ambientais. De acordo com Mitsch e Gosselink (2007), as áreas úmidas estão entre os ecossistemas mais importantes da terra. Esses autores utilizam as expressões “rins da paisagem” e “supermercado ecológico” ao se referirem a suas funções. Elas são consideradas como um recurso pelo potencial hidrológico que possuem, desempenham funções valiosas como purificação de água e estoque de carbono (ZEDLER and KERCHER, 2005); regularizam a quantidade da água entre períodos úmidos e secos, protegem linhas costeiras de erosão e por fim, fornecem as condições para o desenvolvimento de biosistemas únicos. São um ambiente de transição, possuindo interações complexas. A Lei 12.561 de 2012, artigo 3º, inciso XXV, define as áreas úmidas como “pantanais e superfícies terrestres cobertas de forma periódica por águas, cobertas originalmente por florestas ou outras formas de vegetação adaptadas à inundação”. O decreto nº 1.905, que institui o Brasil como signatário da Convenção de Ramsar, de 1971 de 16 de maio de 1996, apresenta uma descrição mais ampla:

Áreas Úmidas são ecossistemas na interface entre ambientes terrestres e aquáticos, continentais ou costeiros, naturais ou artificiais, permanente ou periodicamente inundados ou com solos encharcados. As águas podem ser doces, salobras ou salgadas, com comunidades de plantas e animais adaptados à sua dinâmica hídrica. (BRASIL, *online*)

Apesar de sua importância, as áreas úmidas sofrem degradação por diversos motivos, impactando diretamente no uso da terra e conseqüentemente em suas funções e nível. De acordo com Gardner et al. (2015), estima-se que 64 a 71% do total das áreas úmidas globais foram perdidas no século XX, sendo que esta perda se estende para este século.

A bacia do rio São Francisco é uma das maiores bacias brasileiras. O Comitê da bacia hidrográfica do rio São Francisco (CBHSF) apresenta os dados referentes a sua magnitude:

A bacia hidrográfica do rio São Francisco corresponde a 8% do território nacional. Com uma extensão 2.863 km e uma área de drenagem de mais de 639.219 km², estende-se desde Minas Gerais, onde o rio nasce, na Serra da Canastra, até o Oceano Atlântico, onde deságua, na divisa dos estados de Alagoas e de Sergipe. Essa vasta área integra as regiões Nordeste e Sudeste do país, percorrendo 505 municípios, em seis estados (Minas Gerais, Goiás, Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe), além do Distrito Federal. Constituindo uma das 12 regiões hidrográficas brasileiras, a bacia foi dividida, para fins de planejamento, em quatro zonas ou regiões fisiográficas: Alto, Médio, Submédio e Baixo São Francisco. Com uma população que deverá ter passado dos 15 milhões de habitantes, a maior concentração demográfica está no Alto São Francisco. (CBHSF, *online*)

Sua importância aumenta devido a existência de várias áreas úmidas ao longo de sua extensão, com múltiplas dimensões e características diferenciadas. Neste projeto, o foco estará direcionado àquelas que ocorrem longitudinalmente na planície de inundação, conhecidas como lagoas marginais. Juntos representam grande potencial hídrico, uma rica fonte de recursos para o ecossistema e para atividades humanas. É necessário o monitoramento utilizando técnicas apropriadas, que resultem em informações confiáveis, para conservação de suas funções.

O sensoriamento remoto é uma das mais importantes técnicas para se obter informações espaciais da cobertura da superfície terrestre. A fim de identificar qualquer elemento na superfície, neste caso as áreas úmidas em uma área extensa, o uso de suas técnicas e produtos são essenciais. O imageamento por satélites e a geração de mapeamentos de uso e ocupação do solo permitem o conhecimento e o monitoramento da área de estudo, além de fornecer dados para realização de análises e, conseqüentemente, permitir a elaboração de estratégias de manejo. Neste estudo, são as imagens de satélite a principal ferramenta utilizada, sendo necessário conceituar sua formação para que se compreenda a metodologia empregada e os termos a serem utilizados. Então, de acordo com INPE:

Uma imagem de sensoriamento remoto colorida é resultante da combinação das três cores básicas (azul, verde e vermelho), associadas através de filtros às imagens individuais obtidas em diferentes comprimentos de onda ou faixas espectrais. (INPE, *online*)

Cada comprimento de onda ou faixas espectrais são chamados de bandas. Inicialmente estas se apresentam em escalas de cinza. Objetivando compreender como resultam em imagens, destacamos o que é explicado pelo INPE:

(...)a tonalidade refere-se à intensidade de energia eletromagnética refletida por um tipo de alvo na superfície terrestre, em uma determinada banda do espectro eletromagnético, em outras palavras, a tonalidade está estreitamente relacionada com o comportamento espectral das diferentes coberturas da superfície terrestre. Em uma imagem de satélite, estas diferentes quantidades de energia refletida pelos alvos são associadas a tons de cinza, isto é, quanto mais energia um alvo reflete mais energia chega ao sensor a bordo do satélite. Assim este alvo será

associado a um tom de cinza claro. Se ao contrário, o alvo na superfície da terra reflete pouca energia, menos energia chegará ao sensor. Assim este alvo será associado a tons de cinza mais escuro. (INPE, *online*)

Por fim, o INPE destaca o porquê de as imagens, fruto da combinação de diferentes bandas, serem coloridas:

O olho humano é mais sensível a cores que à tons de cinza. As cores que podemos ver é fruto da reflexão seletiva dos alvos existentes na superfície terrestre, nas distintas bandas do espectro eletromagnético. Assim, para facilitar a interpretação visual dos dados de sensoriamento, são associadas cores aos tons de cinza. (INPE, *online*)

Utilizando imagens de satélite, softwares de processamento e técnicas pertinentes ao sensoriamento remoto, procede-se o presente trabalho, com o objetivo de mapear as áreas úmidas na forma de lagoas marginais no alto curso do rio São Francisco.

A área de estudo parte das proximidades nascente do rio São Francisco, que se encontra na região da serra da Canastra, e termina no início do lago de Três Marias. O objetivo deste trabalho é identificar, mensurar e apresentar em imagens de satélite a dimensão ocupada por áreas úmidas ao longo do curso do rio São Francisco, determinado na área de estudo para reforçar a importância das funções que desempenham e demonstrar a possível capacidade hídrica para fornecimento de água. Como complemento, visa-se também demonstrar quais composições de bandas de imagens de satélite utilizadas e qual foi a melhor em evidenciar as áreas úmidas trabalhadas.

METODOLOGIA:

Inicialmente foi essencial o treinamento nos softwares IDRISI e QGIS para processar as imagens de satélite. Ao mesmo tempo e não menos importante, tomou-se posse do levantamento de dados da estação fluviométrica 40070000, monitorada pela Agência Nacional das Águas - ANA, realizado por Aarão et al. (2020). Este trabalho consiste na tabulação de dados da cota do nível do rio São Francisco por dia desde o ano de 1977 até 2016, possibilitando a identificação dos principais pulsos de inundação e por tanto, a identificação das lagoas marginais. Com essas informações, foi possível determinar e realizar uma listagem das datas para obtenção das imagens de satélite.

Visando realizar futuramente um comparativo com as cheias e as mínimas das lagoas marginais, incluiu-se neste levantamento as menores cotas do rio respectivas aos períodos determinados para análise. O quadro 1 apresenta as datas que foram determinadas para a pesquisa e a cota do rio correspondente.

Quadro 1: Relação data x cota da estação fluviométrica Estação Ponte do Chumbo – 40070000

Ano	Mês	Dia	Cota rio Estação Ponte do Chumbo (mm)
1992	Fev	12	1242
1992	Fev	28	848
1992	Mar	15	735
1997	Jan	8	1232
1997	Jan	24	1009
1997	Fev	9	800
1997	Jun	17	276
1997	Jul	3	198
1997	Jul	19	170
1997	Out	7	100
1997	Out	23	400
1997	Nov	8	106
2008	Mar	27	807
2008	Abr	12	782
2008	Abr	28	562

Fonte: Agência Nacional das Águas (ANA); Aarão et al. (2020)

Com os dados, a etapa seguinte foi a obtenção das imagens de satélite. Decidiu-se utilizar as imagens do satélite Landsat-5, sensor Thematic Mapper (TM) pela disponibilidade, qualidade das imagens, e em razão

da série Landsat e do sensor TM serem destinados a observação de recursos naturais. Buscando obter as imagens, foi necessário baixar a grade de cobertura do satélite, que se divide em órbitas e pontos, para localizar a área de estudo e, portanto, adquirir corretamente as imagens. Tanto a grade, quanto as imagens foram tomadas por download no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.

O processamento das imagens das datas na tabela 1 e a composição de bandas foi a próxima tarefa a se realizar. Decidiu-se pelo uso do software IDRISI®, versão The Selva, no processamento. As imagens das diferentes bandas foram importadas para o software e constatou-se que necessitavam da etapa do georreferenciamento. Então executou-se o recorte das imagens, inserindo os valores de X e Y nas bandas de cada uma delas. Como a área de estudo do projeto está inserida na órbita 219, pontos 73 e 74, fez-se necessário a composição do mosaico utilizando as bandas das imagens de cada data listada dos dois pontos. As datas, cujas bandas disponíveis eram somente de um ponto, foram descartadas pois apresentariam parcialmente as lagoas marginais da área de estudo. Também foram descartadas as imagens que possuíam alta cobertura de nuvens. Objetivando alcançar resultados significativos, o trabalho foi efetuado com a imagem de 08 de janeiro de 1997 e de 12 de abril de 2008.

Posteriormente, executou-se o realce linear com saturação de todas as bandas que se tornaram mosaicos e então procedeu-se ao georreferenciamento, etapa fundamental que torna as coordenadas de uma imagem ou mapa conhecidas dentro de um determinado sistema de referência, garantindo a confiabilidade da representação das imagens à área real. Para tal, é necessário obter as coordenadas, pertencentes ao sistema de referência trabalhado, que neste caso é o SIRGAS 2000, de pontos nas imagens que possuem uma feição facilmente identificável, a serem chamados de pontos de controle. Utilizou-se como referência uma imagem padrão, que apresentou baixo desvio ao sobrepor a rede de drenagem da bacia do rio São Francisco, coincidindo com as feições físicas da imagem. Após obter uma quantidade de pontos satisfatórias, em torno de 60 para as imagens trabalhadas, confere-se o erro de cada ponto e o erro médio. Neste trabalho, adotamos o erro máximo de 25, ou seja, o erro no georreferenciamento é de 25 metros para mais ou para menos. Quando este erro estava acima, excluiu-se os pontos com maior média. Após este processo, prosseguiu-se para a exportação das imagens geradas, salvando-as no formato TIFF.

Desta forma, foi possível a etapa do processamento em ambas as imagens no software QGis para georreferenciar, poligonizar e demarcar a localização das áreas úmidas. Porém se constatou um erro no processo de georreferenciamento e recorte feito no Idrisi. As imagens não foram georreferenciadas e recortadas implicando numa mudança no processo, realizando novamente as etapas de corte e georreferenciamento das imagens já em mosaico, mas agora no QGis. Então, procedeu-se primeiramente ao recorte a partir da camada máscara. No georreferenciamento, para a imagem de referência, empregou-se o recurso do software Quick Map Services que fornece uma imagem atual proveniente do Google Earth possibilitando a captação das coordenadas geográficas a serem identificadas na imagem em processamento. A quantidade de pontos e o erro máximo foram os mesmos adotados anteriormente.

A escolha de quais composições coloridas, assim como no artigo de Silva et al. (2020), partiu-se da experiência do trabalho de Rosa, Alves e Sanches (2011). Então, cada data resultou em 3 composições nas quais determinamos: Cor verdadeira (R3G2B1), composição I (R7G4B3), composição II (R5G4B3).

Seguiu-se então com a etapa de poligonização das áreas úmidas através da edição da camada e acrescentando polígono. Ao término deste processo, calculou-se a área aproximada de cada uma, utilizando o recurso, na tabela de atributos, chamado calculadora de campo, e demarcou-se a localização das áreas úmidas através da edição de camada, mas utilizando pontos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

O primeiro resultado obtido é a definição das composições coloridas que melhor destacam o objeto de estudo. O processo mostrou que as composições R5G4B3 e R7G4B3 evidenciam as áreas úmidas, concordando com o artigo de Rosa, Alves e Sanches (2011) e sendo estas composições a serem utilizadas no decorrer do trabalho.

Então, em posse das datas e dos índices fluviométricos, resolveu-se prosseguir com as datas que fossem mais relevantes, ou seja, de máximas, mostrando um possível ápice dos pulsos de inundação que geram as áreas úmidas. A partir disso, conferiu-se quais datas apresentavam imagens com melhor qualidade para visualizar a área de estudo. Assim, para comparação, tomou-se a decisão de utilizar a imagem do dia 08/01/1997 como a máxima das áreas úmidas, alimentadas pelo pulso de inundação, e a imagem de 12/04/2008, um pulso de inundação menor, mas ainda suficiente para alimentar as áreas úmidas.

Após o processamento nos softwares, conforme procedimento descrito anteriormente, obteve-se as composições coloridas, as áreas úmidas em destaque e os resultados no formato de mapa. Em relação às composições, ambas atenderam bem ao propósito, que seria diferenciar e evidenciar as áreas úmidas em

relação a seu entorno, porém a que melhor atendeu às expectativas foi a composição R5G4B3 por apresentar também uma melhor diferenciação do uso da terra e das fitofisionomias que se apresentam na imagem. Como complemento ao que se visualizou pelas imagens, percebeu-se a necessidade de obter uma quantidade aproximada das feições que foram identificadas como áreas úmidas e sua extensão total em ambas as datas. Os resultados se apresentam no quadro 2:

Quadro 2: Quantidade e extensão áreas úmidas

	08/01/1997	12/04/2008
Quantidade de áreas úmidas (aprox.)	1643 feições	628 feições
Extensão total em km² (aprox.)	703.14 km ²	165.44 km ²

É possível que a extensão total das áreas úmidas seja maior *in loco*, porém é evidente que são números expressivos e que possuem relevante potencial ecológico e hídrico.

CONCLUSÕES:

As áreas úmidas possuem elevada importância pelas funções que desempenham e possuem a necessidade de serem estudadas e demarcadas para garantir sua preservação. A bacia do rio São Francisco, por ser uma das maiores bacias hidrográficas brasileiras, chama a sua atenção por si e se torna ainda mais interessante ao se demonstrar a abundância de áreas úmidas ao longo da área de estudo estipulada.

Como o objetivo principal é identificar e mapear estas áreas úmidas, a escolha de processos e ferramentas adequadas foi essencial. Após o processamento das imagens, determinou-se que a composição R5G4B3 fornecia maiores informações em relação a área de estudo, pois era possível diferenciar, ao longo da imagem, os diferentes usos da terra e das fitofisionomias do entorno. Já em comparação com a composição R7G4B3, ambas deram o mesmo destaque às áreas úmidas e o curso do rio.

Outro resultado a ser destacado se refere a intensidade do pulso de inundação. Em posse de todos os resultados obtidos durante a pesquisa e após análise, os dados da estação fluviométrica, Ponte do Chumbo, controlada pela ANA, apontam que no dia 08/01/1997, houve a maior cheia do rio e as imagens demonstram uma cheia superior das áreas úmidas em comparação a 12/04/2008. Entendemos que foi o dia da maior cota do rio constatada em imagem de satélite com boa visibilidade da área de estudo e, portanto, foi um dos maiores pulsos de inundação do período em estudo.

A quantidade de feições identificadas como áreas úmidas, obtidas pelo processamento das imagens, é outro fato que chama a atenção, excedendo o esperado e reafirmando a riqueza hídrica da região. Seria essencial verificá-las em campo, porém, o indício da existência é um fato surpreendente proporcionando indícios para se pesquisar futuramente o uso da terra do entorno bem como as funções que desempenham, traçando uma discussão sobre o uso sustentável destas áreas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

AARÃO, G. M., OLIVEIRA, D. A. de, SILVA, N.J., ARAÚJO, R.R.S; Ocorrência de pulsos de inundação no alto curso do rio São Francisco: Análise do nível do rio de 1977 a 2015. III Simpósio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Anais...Belo Horizonte (MG) Online, 2020. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/anais/IIISBHSF/291216-OCORRENCIA-DE-PULSOS-DE-INUNDACAO-NO-ALTO-CURSO-DO-RIO-SAO-FRANCISCO--ANALISE-DO-NIVEL-DO-RIO-DE-1977-A-2015>>. Acesso em: 06/06/2022 13:08

BRASIL. Decreto nº 1.905, de 16 de maio de 1996. Promulga a Convenção sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional, especialmente como Habitat de Aves Aquáticas, conhecida como Convenção de Ramsar, de 02 de fevereiro de 1971. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1996/d1905.htm#:~:text=Promulga%20a%20Conven%C3%A7%C3%A3o%20sobre%20Zonas,02%20de%20fevereiro%20de%201971>. Acesso: 15 fev.2021

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso: 15 fev.2021

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO. A Bacia. Disponível em <<https://cbhsaofrancisco.org.br/a-bacia/>>. Acesso em 15 fev. 2021

GARDNER, R.C., BARCHIESI, S., BELTRAME, C., FINLAYSON, C.M., GALEWSKI, T., HARRISON, I., PAGANINI, M., PERENNOU, C., PRITCHARD, D.E., ROSENQVIST, A., and WALPOLE, M. State of the World's Wetlands and their Services to People: A compilation of recent analyses. Ramsar Briefing Note no. 7. Gland, Switzerland: Ramsar Convention Secretariat. 2015. Disponível em: <<https://www.ramsar.org/resources/thebriefing-notes>>. Acesso em 21 fev. 2021

INPE. Introdução ao sensoriamento remoto. Apostila. Disponível em: <http://www3.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm>. Acesso em 08 mai 2022.

MITSCH, W. J.; GOSSELINK, J. G. Wetlands. 4. ed.: John Wiley & Sons, 2007.

ROSA, L.; ALVES, M. C.; SANCHES, L. Uso de composições de bandas do satélite Landsat 5 TM para caracterizar a dinâmica da variação de áreas alagadas do Pantanal mato-grossense. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. Anais...2011. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1189.pdf>>. Acesso em: 12 de Fev. 2021

SILVA, N.J., ARAÚJO, R.R.S., OLIVEIRA, D. A. de; AARÃO, G. M. Composições de Bandas do Satélite Landsat 5, Sensor TM, para identificação de áreas úmidas do alto curso do Rio São Francisco. III Simpósio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Anais...Belo Horizonte (MG) Online, 2020. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/anais/IIISBHSF/291138-COMPOSICOES-DE-BANDAS-DO-SATELITE-LANDSAT-5-SENSOR-TM-PARA-IDENTIFICACAO-DE-AREAS-UMIDAS-DO-ALTO-CURSO-DO-RIO-S>>. Acesso em: 06/06/2022

ZEDLER, J. B.; KERCHER, S. Wetland resources: Status, trends, ecosystem services, and restorability. Annual Review of Environment and Resources. Volume 30:39-74. 2005. Disponível em: <www.annualreviews.org>. Acesso em 21 fev. 2021.