

## APLICAÇÕES DO SENSORIAMENTO REMOTO EM ESTUDOS HÍDRICOS

Joandson Fernandes Campos<sup>1</sup>, Generoso De Angelis Neto<sup>2</sup>, Adriano Antonio Tronco<sup>3</sup>, Marcelo Luiz Chicati<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Maringá, Rua João Luis Dias, 507 – Maringá. jhoandsom@gmail.com; <sup>2</sup>Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790 – Maringá. ganeto@uem.br; <sup>3</sup>Universidade Estadual de Maringá, Rua Antonio Correa Fontana, 215 – Maringá. adrianotronco@hotmail.com; e <sup>4</sup>Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790 – Maringá, mlchicati@hotmail.com

### RESUMO

O sensoriamento remoto é um conjunto de ferramentas que auxilia o processo de estudo de diversos fenômenos. A partir do desenvolvimento dos recursos tecnológicos ocorridos nas últimas décadas, a aplicação do sensoriamento vem crescendo e cooperando com novos estudos e pesquisas. Neste sentido, o presente estudo tem por objetivo principal, abordar o estado atual das tecnologias e técnicas de sensoriamento remoto aplicadas à estudos e hídricos. Para a obtenção do atual estado da arte, selecionou-se os aspectos mais relevantes com base na literatura já publicada. Dois temas foram selecionados para o estudo: o monitoramento da qualidade da água e a análise e previsão de precipitações. A presente pesquisa permitiu elencar diversos estudos que demonstraram alguns dos usos dos dados obtidos por sensores remotos. Além disso, foram constatados os avanços da modernização dos sensores, dos satélites, das capacidades de processamento e sobretudo, dos softwares de análise dos dados coletados.

**Palavras-chave** — Hidrografia, Hidrologia, Geoprocessamento, Sensoriamento Ambiental.

### ABSTRACT

*Remote sensing is a set of tools that helps the process of studying various phenomena. From the development of the technological resources that have occurred in the last decades, the application of the sensing has been growing and cooperating with new studies and researches. In this sense, the present study has as main objective, to address the current state of the technologies and techniques of remote sensing applied to the hidric studies. To obtain the current state of the art, was selected the most relevant aspects based on the literature already published. Two themes were selected for the study: water quality monitoring and precipitation analysis and prediction. The present research allowed the listing of several studies that demonstrated some of the uses of the data obtained by remote sensors. In addition, advances was made in the modernization of sensors, satellites, processing capacities and data analysis software.*

**Key words** — Hydrography, Hydrology, Geoprocessing, Environmental Sensing.

### 1. INTRODUÇÃO

As diversas alterações que acontecem na superfície terrestre são causadas por fenômenos naturais e antropogênicos. Essas modificações ocorrem ao longo dos tempos e transformam as características dos ambientes que, em muitas ocasiões, são de dimensões e proporções consideradas alarmantes.

Buscando compreender o espaço físico e suas alterações, o desenvolvimento científico adaptou equipamentos e criou técnicas que permitissem facilitassem as análises espaciais. As técnicas de fotogrametria foram acomodadas e, juntamente com o uso dos novos sensores e equipamentos descobertos, deu-se o início do crescimento dos processos de Sensoriamento Remoto - SR.

Prado e Pereira (2007) [1] afirmam que o advento e evolução dessas tecnologias e dos Sistemas de Informação Geográfica - SIG tornou possível a obtenção de informações de âmbito espacial com grande diminuição de investimentos. Tais mudança se deram em termos econômicos, de tempo de processamento e em relação à abrangência da área possível de ser mapeada.

Visando compreender essas novas utilidades, esse artigo verifica o estado atual das tecnologias e técnicas de sensoriamento remoto aplicadas à estudos hídricos. Em específico, focou-se nos avanços das seguintes áreas de pesquisa: análise e previsão de precipitações; e monitoramento da qualidade da água.

### 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a criação do inventário das aplicações do sensoriamento remoto, selecionou-se com base na literatura, os aspectos mais relevantes entre os temas “sensoriamento remoto” e “água”. Esta pesquisa preliminar possibilitou elege as *strings* que foram combinadas para obter os resultados da revisão bibliográfica.

As strings foram pesquisadas na Plataforma de Periódicos da CAPES. Em específico, a pesquisa abrangeu os trabalhos publicados nas bases de dados: Web of Science, Science Direct e SCOPUS. Juntamente, restringiu-se a

investigação a trabalhos publicados em periódicos a partir de 2015 a 2018.

As palavras chave (strings) foram combinadas da seguinte forma:

- Remote Sensing AND Precipitation (Sensoriamento Remoto E Precipitação);
- Remote Sensing AND Water Quality (Sensoriamento Remoto E Qualidade da água);

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados obtidos das consultas nas bases de dados citadas, pode-se elencar as principais aplicações e avanços das técnicas de sensoriamento remotos empregadas na gestão e monitoramento da água.

#### 3.1. Sensoriamento Remoto aplicado ao monitoramento dos eventos de precipitação

Diversas são as aplicações dos recursos do sensoriamento remoto para o monitoramento dos eventos de precipitação. Estas aplicações transitam desde aquelas voltadas para os estudos dos regimes de chuva até os estudos de sistemas de drenagem e manuseio de águas urbanas.

O termo *Remote Sensing Based Precipitation* – RSBP (Precipitação Baseada em Sensoriamento Remoto) é o conjunto de técnicas de análise de diversos indicadores, elencados por meio de critérios mensuráveis utilizando-se de dados de sensores remotos. Neste aspecto, uma das maiores iniciativas de RSBP é o *Global Precipitation Climatology Centre* – GPCC (Centro Global de Climatologia de Precipitação). O GPCC dá uma estimativa da precipitação diária global reticulada em uma resolução espacial de 1° de latitude em 1° de longitude e baseia-se nos dados do pluviômetro informados em tempo quase real através do *Global Telecommunications System* – GTS (Sistema Global de Telecomunicações) (SCHAMM ET AL., 2014) [2].

O estudo dos dados sobre a vegetação combinados com os dados do GPCC, possibilitaram que Zhou, Ni, Shen, and Sun (2017) [3] elaborassem um modelo de previsão de precipitação anual em áreas montanhosas baseado no padrão de vegetação das localidades. Este estudo, foi realizado na bacia do rio Nu e demonstrou as características espaciais da precipitação em regiões de alto relevo.

Além do estudo de como padrão de vegetação influencia na precipitação, os dados obtidos por sensores remotos também permitem estudar a infiltração das águas pluviais em determinados solos, possibilitando então, a modelagem de áreas de infiltração e abastecimento de corpos hídricos subterrâneos.

O estudo de S. Zhang, et al. (2017) [4] utilizou dados obtidos por sensoriamento remoto para calcular a taxa de infiltração de precipitação com mais precisão e conhecer sua distribuição espacial de forma mais precisa. O autor

apresenta um método de cálculo da taxa de infiltração de precipitação com base no tipo de uso da terra, combinando com Sistema de Informações Geográficas e VBA.

As técnicas de S. Zhang et al. (2017) [4] também foram empregadas por Wu, Zhang, e Yang (1996) [5], utilizaram dados obtidos por sensores capazes de identificar o nível de areia, argila e demais componentes dos solos, possibilitando, a criação do perfil dos horizontes superiores do terreno. N. Yang et al. (2017) [6] usou dados do satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* - TRMM (TRMM 3B42V7) para a elaboração de um modelo hidrológico para a identificação de eventos de inundação.

N. Yang et al. (2017) [6] utilizou o modelo HEC-HMS para o monitoramento de inundações por meio do mapeamento das áreas úmidas e suscetíveis a erosão. Os autores apontam que o modelo pode apresentar falhas pôr as vezes produzirem superestimções, porém, pode ainda assim, ser utilizado para a complementação de outros dados, uma vez que as superestimções são minorias.

Além das aplicações anteriormente citadas, os sensores remotos possibilitam a obtenção de dados que servem como ferramentas que auxiliam a gestão dos recursos hídricos. Em um estudo realizado em Nanjing, na China, N. Yang et al. (2017) [6] avaliou a precipitação em reservatórios Hanjiang, na China utilizando os multi-satélites da TRMM e considerando sua aplicabilidade no apoio à operação de reservatórios para abastecimento público.

#### 3.2. Sensoriamento Remoto aplicado ao monitoramento da qualidade da água

O Índice de Qualidade da Água – IQA é determinado conforme uma série de parâmetros. Esses buscam representar as características físicas, químicas e biológicas da água, avaliando de o recurso é adequado para o consumo. Os parâmetros incluídos no cálculo do IQA são: Oxigênio Dissolvido – OD; Coliformes Termotolerantes; Potencia Hidrogeniônico – Ph; Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO; Temperatura da água; Nitrogênio Total – NT; Fósforo Total – PT ; Turbidez e; Resíduo Total. Complementar a esses, outras análises também podem ser realizadas, verificando as (a) Variáveis que indicam a presença de substâncias tóxicas – ISTO e (b) Variáveis que afetam a qualidade organoléptica.

O uso do sensoriamento remoto permite espacializar os parâmetros na extensão do curso d'água de interesse. Os sensores também agilizam a análise da qualidade e o estudo da presença de diferentes compostos, por meio da análise espectral de cada um.

A pesquisa de Lei, Zhang, Pan, Wang, e Fu (2016) [7] foca na otimização da análise da qualidade da água utilizando-se da menor quantidade de parâmetros derivados de sensoriamentos remotos. Incluiu-se no estudo os índices: DO; PT; NT; pH e Demanda Química de Oxigênio – DQO. Por meio de análises estatísticas e simulações, os autores classificaram-se que, dentre os cinco parâmetros estudados,

sua ordem de relevância é  $DO > DO > P > N > pH$ . O modelo ideal estabelecido para análises de qualidade foi referente as simulações com quatro parâmetros, respeitando as condições e pesos calculados pelos autores.

Já Y. Zhang, Huang, Yin, e Zhu (2017) [8] investigaram as causas para a alteração de parâmetros de qualidade, analisando a distribuição temporal e espacial dos índices. Os estudos do Reservatório de Danjiangkou, na Ásia, empregaram uma série de imagens multiespectrais do satélite LandSat, combinando-os com métodos de regressão, para analisar a distribuição temporal e espacial de diversos parâmetros de qualidade. Citam-se como alguns dos parâmetros incluídos: PT; NT; DBO e; Índice de Permanganato. As análises verificaram um alto aumento na poluição e deterioração da qualidade da água durante parte do período incluído.

Devlin et al. (2015) [9] verificaram a aplicação do sensoriamento remoto na geração de modelos de previsão da qualidade da água. Na pesquisa, estudou-se o efeito das plumas da Grande Barreira de Corais, na Austrália. O fenômeno ocorre na região costeira e é derivado da junção entre rios e mares que, pela diferença de densidade entre os líquidos, causa o surgimento de fases na água. Segundo a escala de tempo do modelo, os autores estabelecerem as fontes de dados necessários para a sua criação. Imagens do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* – MODIS e possíveis produtos derivados dessas foram incluídos como essenciais para a compreensão do fenômeno e de seus impactos, colaborando para a gestão do ambiente.

Os efeitos das plumas nesta região também foram estudados por Wenger et al. (2016) [10], focando no recife próximo as ilhas Depper. Novamente, imagens do sensor MODIS foram empregadas. Os resultados indicaram que, apesar de possuírem resistência a diminuição da qualidade da água geradas pelas plumas, os recifes não apresentam capacidade para suportar múltiplos eventos em sequência.

Philipson, Kratzer, Ben Mustapha, Strömbeck, e Stelzer (2016) [11] verificaram a variabilidade espacial dos parâmetros de qualidade da água durante eventos de tempestade. Para tal, foram utilizadas imagens do sensor hiperespectral *Hyperion do satélite Earth Observing 1* – EO-1 e coletas in situ com o espectrômetro GER1500. Os seguintes parâmetros de qualidade foram verificados: Matéria Orgânica Dissolvida Colorida – CDOM ; Clorofila – ChlA e; Partículas Não-Algal – NAP. As análises indicaram que as concentrações desses índices são superiores nas plumas e nas confluências do que em ambientes normais, contribuindo como fonte de sedimentos para o Lago Michigan.

Semelhante, Chen et al. (2017) [12] estimou a qualidade dos parâmetros Matéria Orgânica Dissolvida Colorida – CDOM e Clorofila A – ChlA para o lago Huron. Imagens do Satélite Sentinel 2 de altas resoluções espaciais (10,20 e 60 metros) foram empregadas e diferentes modelos de relações entre as bandas foram testados. Determinou-se que, para o ambiente estudado, os modelos das bandas b3/b5 e das

bandas b5/b4, para a resolução de pixels de 10mx10m, possuíam o melhor potencial para a definição das concentrações de CDOM e ChlA.

Toming et al. (2017) [13] realizou pesquisas para análises de tais parâmetros em águas oceânicas, focando no aperfeiçoamento do processo de tratamento dos dados. No estudo, o sensor *Ocean and Land Colour Instrument* – OLCI do satélite Sentinel 3 foi utilizado para análises da quantidade de ChlA, Sólidos Suspensos Totais - SST e CDOM para o Mar Báltico. Empregando o processo de análise neural Case-2 Regional/Coast Colour (C2RCC) estimou-se que enquanto a correção da atmosfera realizada por esse é promissora, tem-se que a consecução dos Parâmetros Óticos Inerentes – IOP ainda necessita melhores dados e estudos a fim de ser aplicável para a área.

#### 4. CONCLUSÕES

As possibilidades de uso dos recursos do sensoriamento remoto se mostram amplas e inovadoras. Apesar de ser um aspecto recente, sendo mais utilizado no Brasil desde o final do século passado, o sensoriamento remoto cresce como um conjunto de ferramentas de análise e avaliação que permitem auxiliar o processo de gestão e planejamento de diversos aspectos que vão desde a gestão de recursos naturais ao planejamento de infraestruturas urbanas e desenvolvimento regional.

Como explanado no presente trabalho, no que diz respeito ao estudo das águas superficiais e subterrâneas, os dados obtidos por sensores remotos para observar recursos hídricos são diversos.

Portando, esses dados ainda podem ser complementados com diferentes aspectos, como vegetação e uso do solo, para a criação de elementos mais complexos que possibilitam a simulação e modelagem computacional de diferentes eventos e condições de contorno

#### 5. REFERÊNCIAS

- [1] PRADO, R. B.; DE MORAES NOVO, E. M. L.; PEREIRA, M. N. Avaliação da dinâmica do uso e cobertura da Terra na bacia hidrográfica de contribuição para o reservatório de Barra Bonita–SP. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 59, n. 2, 2007. ISSN 1808-0936.
- [2] SCHAMM, K. et al. Global gridded precipitation over land: a description of the new GPCC First Guess Daily product. *Earth Syst. Sci. Data*, v. 6, n. 1, p. 49-60, 2014. ISSN 1866-3516. Disponível em: < <https://www.earth-syst-sci-data.net/6/49/2014/> >.
- [3] ZHOU, X. et al. Remapping annual precipitation in mountainous areas based on vegetation patterns: A case study in the Nu River basin. *Hydrology and Earth System Sciences*, v. 21, n. 2, p. 999-1015, 2017. Disponível em: < <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85013188441&doi=10.5194%2fhess-21-999-2017&partnerID=40&md5=585f554a57c724aea835d2e5b86479c7> >.

- [4] ZHANG, S. et al. Calculation of Precipitation Infiltration Recharge Based on Land-Use Type. **Jilin Daxue Xuebao (Diqu Kexue Ban)/Journal of Jilin University (Earth Science Edition)**, v. 47, n. 3, p. 860-867, 2017. Disponível em: < <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85021771076&doi=10.13278%2fj.cnki.jjuese.201703206&partnerID=40&md5=1a66704cfa9d9252b608f0e78ea2e984> >.
- [5] WU, J.; ZHANG, R.; YANG, J. Analysis of rainfall-recharge relationships. **Journal of Hydrology**, v. 177, n. 1, p. 143-160, 1996/03/15/ 1996. ISSN 0022-1694. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169495029354> >.
- [6] YANG, N. et al. Evaluation of the TRMM multisatellite precipitation analysis and its applicability in supporting reservoir operation and water resources management in Hanjiang basin, China. **Journal of Hydrology**, v. 549, p. 313-325, 2017. Disponível em: < <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85017317094&doi=10.1016%2fj.jhydrol.2017.04.006&partnerID=40&md5=c47085d3e60b60eb126e75173c43e0e3> >.
- [7] LEI, G. et al. Parameter selection and model research on remote sensing evaluation for nearshore water quality. **Acta Oceanologica Sinica**, v. 35, n. 1, p. 114-117, 2016. Disponível em: < <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84953249456&doi=10.1007%2fs13131-016-0802-4&partnerID=40&md5=06f4da7020aae8ba068f692b427be123> >.
- [8] YANG, Y. et al. Applicability of TRMM satellite precipitation in driving hydrological model for identifying flood events: a case study in the Xiangjiang River Basin, China. **Natural Hazards**, v. 87, n. 3, p. 1489-1505, 2017. Disponível em: < <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85018839194&doi=10.1007%2fs11069-017-2836-0&partnerID=40&md5=455fe42b2aeaa34e159398de51b49fa5> >.
- [9] DEVLIN, M. J. et al. Water quality and river plume monitoring in the Great Barrier Reef: An overview of methods based on ocean colour satellite data. **Remote Sensing**, v. 7, n. 10, p. 12909-12941, 2015. Disponível em: < <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84945924524&doi=10.3390%2frs71012909&partnerID=40&md5=ecfd4a0da3ce336fe4c61384f33245b5> >.
- [10] WENGER, A. S. et al. Effects of reduced water quality on coral reefs in and out of no-take marine reserves. **Conservation Biology**, v. 30, n. 1, p. 142-153, 2016. Disponível em: < <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84954360071&doi=10.1111%2fcobi.12576&partnerID=40&md5=9ce6e4d46c81053b75b8144912bcbf1> >.
- [11] PHILIPSON, P. et al. Satellite-based water quality monitoring in Lake Vänern, Sweden. **International Journal of Remote Sensing**, v. 37, n. 16, p. 3938-3960, 2016. Disponível em: < <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84978842567&doi=10.1080%2f01431161.2016.1204480&partnerID=40&md5=216308a64e49f2617f21f9aed254fbc> >.
- [12] CHEN, J. et al. Remote estimation of colored dissolved organic matter and chlorophyll-a in Lake Huron using Sentinel-2 measurements. **Journal of Applied Remote Sensing**, v. 11, n. 3, 2017. Disponível em: < <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85028568329&doi=10.1117%2f1.JRS.11.036007&partnerID=40&md5=5e2ca790e6353ee9b738ec1c4465070f> >.
- [13] TOMING, K. et al. Mapping water quality parameters with Sentinel-3 Ocean and Land Colour Instrument imagery in the Baltic Sea. **Remote Sensing**, v. 9, n. 10, 2017. Disponível em: < <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85032877016&doi=10.3390%2frs9101070&partnerID=40&md5=08cadceac7723cc04d0f6bd37e799653> >.