

SENSORIAMENTO REMOTO, GEOFÍSICA E EDUCAÇÃO POPULAR: INTEGRAÇÃO DE TECNOLOGIAS DURAS E LEVES NA PRODUÇÃO DE CONHECIMENTO GEOLÓGICO COM RELEVÂNCIA CIENTÍFICA E SOCIAL

Data de submissão: 05/02/2023

Data de aceite: 01/03/2023

Lucas Moreira Furlan

Geólogo. Universidade Estadual Paulista
Júlio de Mesquita Filho
Rio Claro - SP
<http://lattes.cnpq.br/9813790962724241>
<https://orcid.org/0000-0003-4129-8897>

Monique Araújo de Medeiros Brito

Psicóloga. Universidade Federal
Fluminense
Rio das Ostras - RJ
<http://lattes.cnpq.br/3833037612488330>
<https://orcid.org/0000-0001-7441-3869>

RESUMO: O equilíbrio hídrico tem sido uma questão sócio-ambiental de crescente relevância nas últimas décadas, por isso o desenvolvimento e aplicação de diversas tecnologias têm a intenção de avançar no entendimento, monitoramento, manutenção e preservação dos recursos hídricos no Brasil. A utilização de técnicas de sensoriamento remoto orbital (satélites) e suborbital (drones) e geofísica são tecnologias duras, isto é, tecnologias de ponta, com alta sofisticação de hardware e software, que permitem a realização de diversos estudos hídricos superficiais e subsuperficiais, por exemplo, a identificação

de pontos de recarga de aquíferos. Por sua vez, as tecnologias leves compreendem os processos intangíveis, relacionais, como uma metodologia educativa, como a educação popular, que se configura como esforço de mobilização, organização e capacitação científica e técnica das classes populares, com grande inspiração em Paulo Freire. Tem-se percebido que o conhecimento gerado e adquirido com base em tecnologias duras necessita ser consolidado e enraizado de forma participativa na sociedade, pois a simples geração de dados não tem sido suficiente para produzir mudança de comportamento social. Para viabilizar a composição entre tecnologias leves e duras é necessário apostar em práticas que visem construções profissionais educativas de caráter *inter e transdisciplinar*, que se desloquem de áreas isoladas e supostamente auto suficientes para uma forma de produzir ciência que leve em conta a inserção social e o ambiente em sua complexidade.

PALAVRAS-CHAVE: Drones, satélites, recarga de aquíferos, educação popular, impactos sócio-ambientais.

REMOTE SENSING, GEOPHYSICS, AND POPULAR EDUCATION: INTEGRATION OF HARD AND SOFT TECHNOLOGIES IN THE PRODUCTION OF GEOLOGICAL KNOWLEDGE WITH SCIENTIFIC AND SOCIAL RELEVANCE

ABSTRACT: Water balance has been a socio-environmental issue of increasing importance in recent decades, which is why the development and application of various technologies are intended to advance the understanding, monitoring, maintenance, and preservation of water resources in Brazil. The use of orbital (satellite) and suborbital (drone) remote sensing techniques and geophysics are defined as hard technologies, that is, technologies with high sophistication in hardware and software, which allow the performance of various surface and subsurface water studies, by example, the identification of aquifer recharge points. In turn, soft technologies comprise intangible, relational processes, such as an educational methodology, such as popular education, which is configured as an effort to mobilize, organize, and scientifically and technically train the popular classes, with great inspiration from Paulo Freire. It has been noticed that the knowledge generated and acquired based on hard technologies needs to be consolidated and rooted in a participatory way in society, since the simple generation of data has not been enough to produce a change in social behavior. To enable the composition between soft and hard technologies, it is necessary to apply practices that aim at professional educational constructions of an inter and transdisciplinary nature, that move from isolated and supposedly self-sufficient areas to a way of producing science that takes into account the social insertion and the environment in its complexity.

KEYWORDS: Drones, satellites, aquifer recharge, popular education, socio-environmental impacts.

1 | INTRODUÇÃO

O equilíbrio hídrico tem sido uma questão sócio-ambiental de crescente relevância nas últimas décadas. Nesse sentido, tem-se desenvolvido e aplicado diversos recursos tecnológicos com a intenção de avançar no entendimento, monitoramento, manutenção e preservação dos recursos hídricos. No Brasil, país de dimensões continentais, essa questão se apresenta de formas bastante peculiares nas suas diferentes regiões. Por exemplo, nas regiões agrícolas do interior do estado de São Paulo, o equilíbrio hídrico é tênue, pois os moradores das áreas de alta sensibilidade ambiental são os mesmos que utilizam os recursos naturais disponíveis para suas atividades econômicas, tais como intensas atividades industriais e plantios intensivos de cana-de-açúcar e outras culturas. A alta demanda hídrica compõe um cenário de difícil gestão, monitoramento e preservação destes recursos.

Feições geomorfológicas conhecidas como áreas úmidas isoladas (Tiner, 2003), comuns na paisagem do interior do estado de São Paulo, são popularmente conhecidas como brejos, pântanos ou lagoas. As áreas úmidas isoladas são ecossistemas circulares, rebaixados em relação ao terreno circundante (áreas depressionadas), com alagamento perene ou sazonal e sem conexão superficial com outros corpos hídricos. Estudos recentes,

tais como Casagrande et al., (2021), Furlan et al., (2021) e Moreira et al. (2021) comprovaram a importância das áreas úmidas isoladas como pontos de recarga de aquíferos rasos e profundos. Os estudos se baseiam em tecnologias duras para a identificação dos pontos de recargas de aquíferos, isto é, tecnologias de ponta, com alta sofisticação de hardware e software (Mokyr, 2003). Os trabalhos utilizam técnicas de sensoriamento remoto orbital e sub-orbital na identificação da dinâmica hídrica superficial, ou seja, aplicação de dados obtidos a partir de sensores embarcados em satélites e drones. Além disso, as técnicas geofísicas (como exemplo, a eletrorresistividade) são utilizadas com a finalidade de adquirir dados indiretos em diversas profundidades para estudar a hidrodinâmica de subsuperfície, identificando, assim, pontos de recarga de aquíferos, como é o caso das áreas úmidas isoladas do interior de São Paulo.

Muito discutidas e implementadas no âmbito da saúde coletiva (Merhy, 2005), o entendimento e utilização de diferentes tecnologias tem ampliado seu campo de intervenção no mundo, como aqui propomos. De forma geral, as tecnologias duras referem-se a máquinas e aparelhos tangíveis, como ferramentas, robôs, redes de telecomunicações, hardwares e softwares computacionais, dentre outros, que permitem facilitar tarefas e proporcionar mais velocidade e eficiência que os procedimentos tradicionais. Por sua vez, as tecnologias leves compreendem os processos intangíveis, relacionais, como uma metodologia educativa, um sistema de contabilidade, um procedimento de logística ou uma campanha de marketing. Nelas, o mais importante não é o que, mas sim o como.

Tem-se percebido que o conhecimento gerado e adquirido com base em tecnologias duras necessita ser consolidado e enraizado de forma participativa na sociedade, pois a simples geração de dados não tem sido suficiente para produzir mudança de comportamento social no sentido de monitorar e preservar esses ecossistemas. As tecnologias leves, como a educação popular, podem ser grandes aliadas, pois incluem tecnologias sociais de compreensão, tomada de decisão, planejamento e desenvolvimento de estratégias, treinamento e implementação de mudanças sócio-político-ambientais.

A ideia central deste texto é analisar as potencialidades de sinergia entre tecnologias duras e leves na construção de impactos sócio-político-ambientais relacionados com a gestão, monitoramento e preservação de áreas de recarga de aquíferos, formados pelas áreas úmidas isoladas.

2 | APLICAÇÃO DE TECNOLOGIAS DURAS NA IDENTIFICAÇÃO DE PONTOS DE RECARGA DE AQUÍFEROS

O conceito de tecnologias duras necessita ser transpassado e replicado neste texto, a fim de sua percepção nas aplicações geológicas. Neste sentido, propõe-se a utilização das tecnologias leves-duras para os estudos geológicos, como, neste texto, todas as técnicas de aquisição de dados e imagens de superfície e de subsuperfície, bem como

seus processamentos e pós-processamentos via hardwares e softwares e seus produtos finais.

Em estudos recentes (Casagrande et al., 2021; Furlan et al., 2021; Junqueira, 2021; Moreira et al. 2021, Rosa et al. 2022), a identificação das funções ecossistemas hidrológicas e hidrogeológicas são todas pautadas em tecnologias duras, principalmente em dados de satélite, de drones e de geofísica. Em todos os trabalhos, as áreas úmidas foram classificadas como pontos de recarga de aquífero e a importância social e ambiental foi amplamente destacada. As áreas úmidas isoladas, a partir das aplicações tecnológicas duras, começam a ter sua potencialidade e importância ambiental identificada e divulgada, o que fornece maiores potencialidades para gestão, monitoramento e preservação dos ecossistemas.

2.1 Sensoriamento remoto orbital e suborbital

Sensoriamento remoto é o nome dado ao conjunto de tecnologias que possibilita a aquisição de imagens e dados de um objeto de estudo, a partir da captação de sua energia refletida ou emitida. Os sensores de captação de imagens ou dados podem realizar medições em diferentes resoluções (espaciais, temporais, radiométricas, entre outras) e serem acoplados em diferentes plataformas, tais como as plataformas orbitais (satélites) ou suborbitais (balões, aviões, e mais recentemente, em veículos aéreos não tripulados - ou drones (Chabot et al., 2022)).

Os dados de sensoriamento remoto permitem acessar informações bidimensionais e tridimensionais em escalas locais a globais, possibilitando que os estudos geológicos possuam cada vez mais precisão e integração entre diferentes ecossistemas e conjuntos de dados.

Uma grande vantagem na utilização do sensoriamento remoto orbital é a gratuidade na aquisição das imagens de alguns satélites. O Brasil, por exemplo, possui os satélites China-Brazil Earth Resources Satellite - CBERS (cbers.inpe.br/), que possuem alta resolução espacial e temporal para o território brasileiro. Por exemplo, o satélite CBERS-04A possui o sensor Câmera Multiespectral e Pancromática de Ampla Varredura (WPM), com revisita de 31 dias e resolução espacial de 8 a 2 metros/pixel. Por conta do diminuto tamanho das áreas úmidas isoladas (poucos hectares), a utilização do sensor CBERS-4A-WPM pode agregar importantes contribuições, permitindo análises sazonais da superfície das áreas úmidas e do uso e ocupação do solo do entorno, possibilitando um monitoramento hídrico eficiente e de baixo custo.

Por sua vez, o sensoriamento remoto suborbital nos estudos de pequenos ecossistemas é amplamente apoiado em drones (Śledź et al., 2021; Furlan et al., 2021). A utilização de sensores embarcados em drones possibilitam estudos de detalhe nessas áreas, podendo trazer imagens de altíssima resolução espacial (+5cm/pixel) e realização de voos para aquisição de imagens com alta flexibilidade temporal. Os dados de drones

possibilitam o processamento de ortomosaicos tridimensionais e modelos digitais de elevação e de terreno extremamente confiáveis. Dessa forma, o estudo da dinâmica hídrica superficial pode ser realizado, sendo possível observar como se dá o escoamento superficial, o acúmulo de água meteórica, os pontos de atenção ambiental e o monitoramento do uso e ocupação do solo do entorno destes ecossistemas, com altíssima resolução. Podem ser medidos em escala centimétrica, por exemplo, o avanço da agricultura sobre estes ecossistemas, a quantidade de água armazenada superficialmente em cada área úmida, as mudanças sazonais do comportamento de alagamento, entre outros.

2.2 Geofísica

Os métodos geofísicos elétricos são bastante relevantes em estudos hidrogeológicos diante da sensibilidade dos instrumentos na detecção da umidade dos materiais geológicos, medida que é diretamente influenciada pelos parâmetros físicos de resistividade ou condutividade elétrica (Rubin & Hubbard, 2005; Milsom & Eriksen, 2011, Moreira et al. 2019). A Tomografia Elétrica (eletrorresistividade) é adequada para estudos hidrogeológicos, uma vez que a alta variabilidade nas propriedades elétricas relacionadas a diferentes materiais e níveis de umidade ou saturação de água em matrizes heterogêneas do substrato geológico, fornece uma imagem do comportamento subsuperficial da água.

Com a aplicação dos métodos geofísicos elétricos é possível a identificação de pontos da superfície que apresentam interação direta com a água do solo ou de subsuperfície. Ainda, ao avançar na análise em profundidade, é possível a identificação de pontos de interação direta entre superfície e subsuperfície, podendo não só definir os locais onde ocorre a recarga de aquíferos rasos e profundos, mas também a arquitetura de infiltração.

3 | TECNOLOGIAS LEVES: A EDUCAÇÃO POPULAR

Como tecnologia leve, temos a educação, em especial a educação popular, que se configura como esforço de mobilização, organização e capacitação científica e técnica das classes populares, com grande inspiração no educador brasileiro Paulo Freire. Para ele, a prática educativa é uma prática social necessária, que gera diversas possibilidades de aprendizagens; um fundamento importante dessa pedagogia é que ela não se sustenta em ideias abstratas, ela só tem sentido na história que as pessoas vivem. Portanto, na perspectiva da educação popular, o ponto de origem da prática pedagógica situa-se na própria realidade social, devendo-se partir sempre da realidade concreta da vida cotidiana das pessoas, respeitando suas diferenças e costumes (1983, 1991, 1996).

Portanto, a tarefa histórica da educação é a de contribuir para que os seres humanos abram e percorram caminhos inéditos e originais. Os seres humanos, ao se constituírem, constroem processos e projetos para o mundo porque são seres de transformação. Objetivam a realidade ao refletirem sobre ela, e, no momento em que a transformam, inevitavelmente transformam a si mesmos, como nos ensinou Paulo Freire: “A Educação

não transforma o mundo. A Educação muda as pessoas. Pessoas transformam o mundo!” (2007, p. 36).

Seguindo com essa ideia de Freire, quando ele afirma que a educação muda as pessoas, podemos afirmar que a educação também é feita por pessoas. É nesse pensamento dialógico que entra a educação popular, ensinando-nos que a educação é feita por, com e para pessoas. Nessa perspectiva, Candotti (2002) corrobora com essa ideia ao afirmar que educar e prestar contas do que se estuda e investiga é imperativo e fundamental nas sociedades democráticas

4 | COMO INTEGRAR TECNOLOGIAS LEVES E DURAS?

A utilização de tecnologias duras para a caracterização das áreas úmidas isoladas como pontos de recarga de aquíferos é imprescindível, pois o entendimento da dinâmica hídrica superficial e de subsuperfície de forma tridimensional só é possível através de aquisições de dados a partir de equipamentos e softwares robustos. As áreas úmidas isoladas são negligenciadas na legislação brasileira (Junqueira, 2021), e conseqüentemente, a sociedade como um todo não reconhece de forma efetiva sua real importância, sobretudo relacionados aos recursos hídricos. Os impactos sócio-ambientais, principalmente focados na sustentabilidade de recursos, podem ser alcançados através do uso de abordagens participativas, combinando processos multi-níveis e multi-atores, transpondo as barreiras tecnológicas-científicas e transformando-os em pontos de interesse sociopolítico.

Com o objetivo de gerar efetivas mudanças sócio-político-ambientais, o processo de colaboração e integração de saberes produzidos por tecnologias leves e duras tem um papel de grande relevância. Como tecnologia leve, a educação popular pode contribuir de forma significativa ao construir uma mediação e composição entre saberes científicos e populares, ambos essenciais, porém incompletos quando isolados. Por se referenciar nas realidades locais, a educação popular propõe metodologias inventivas e incentivadoras à participação popular, gerando engajamento, empoderamento e protagonismo social. Como ensinamento freireano, temos que *“o compromisso, próprio da existência humana, só existe no engajamento com a realidade, de cujas ‘águas’ os homens verdadeiramente comprometidos ficam ‘molhados’, ensopados. Somente assim o compromisso é verdadeiro”* (Freire, 1983, p.9).

Ainda para Freire (1992), “não se pode pensar pelos outros nem para os outros nem sem os outros” (p.117), então não é suficiente desenvolver tecnologias de alta sofisticação de hardware e software, se elas não fizerem sentido para as pessoas que lidam diretamente com cada território, situação ou recursos, pois serão sub ou não utilizadas.

Através da educação popular pode ocorrer a formação de comunidades (Freire e Nogueira, 1989), baseada na aprendizagem significativa, partindo da realidade social e dos conhecimentos prévios, para depois agregar novos *insights*. A integração entre

tecnologias duras e leves pode se dar a partir da valorização das técnicas de identificação da hidrodinâmica superficial e subsuperficial, isto é, a partir da aplicação de tecnologia de ponta na identificação das áreas de recarga de aquíferos rasos e profundos. Sem a aplicação de tecnologias duras, as áreas úmidas isoladas ainda seriam consideradas somente como locais de acúmulo de água superficial (*brejos, pântanos, lagoas*) e não como pontos de manutenção de aquíferos, o que pode impactar diretamente no nível de atenção e cuidado com a sociedade valoriza, monitora e preserva estes ecossistemas.

5 | PERSPECTIVAS DE AÇÕES

Para viabilizar a composição entre tecnologias leves e duras é necessário apostar em práticas que visem construções profissionais educativas de caráter *inter e transdisciplinar*, que se desloquem de áreas isoladas e supostamente autossuficientes para uma forma de produzir ciência que leve em conta a inserção social e o ambiente em sua complexidade. Práxis profissionais educativas engajadas e situadas geopoliticamente devem ser priorizadas em todas as etapas de produção-divulgação-enraizamento do conhecimento.

Na maior parte das vezes, a produção de conhecimentos relacionados com a recarga de aquíferos a partir de áreas úmidas isoladas parte de princípios teóricos e técnicas sofisticadas, sem antes reconhecer qual é o entendimento da sociedade sobre aquele local.

Propõe-se uma construção cíclica de conhecimento, baseada no entendimento prévio de como os ecossistemas são percebidos pela sociedade. Ter como premissa que a importância de um ecossistema é senso comum não é procedente, por isso, a integração ativa de tecnologias duras e leves durante todo o processo de desenvolvimento dos estudos hídricos é indicada, a fim de gerar um impacto positivo no monitoramento, preservação e gestão destes locais. Muitas vezes, embora já comprovado cientificamente, as partes interessadas não têm acesso à informação e a negligência dos diferentes atores pode ser reflexo de uma falta de acesso ao conhecimento científico gerado pela aplicação de tecnologias duras, e não de uma negligência proposital.

REFERÊNCIAS

CANDOTTI, E. **Ciência na educação popular**. In: MASSARANI, L.; MOREIRA, I. C.; BRITO, F. *Ciência e Público: caminhos da divulgação científica no Brasil*. Rio de Janeiro: Casa da Ciência, UFRJ, 2002. p. 15 - 23. (Série Terra Incógnita, 1)

CASAGRANDE, M. F. S., FURLAN, L. M., MOREIRA, C. A., ROSA, F. T. G., & ROSOLEN, V. **Non-invasive methods in the identification of hydrological ecosystem services of a tropical isolated wetland (Brazilian study case)**. *Environmental Challenges*, v. 5, p. 100233, 2021.

CHABOT, D., HODGSON, A. J., HODGSON, J. C., & ANDERSON, K. **'Drone': technically correct, popularly accepted, socially acceptable: Different fields use different terms, but by changing its title, this journal is advocating for the discontinuation of 'unmanned' and recognition of 'drone' as an umbrella term for all robotic vehicles.** Drone Systems and Applications, v. 10, n. 1, p. 399-405, 2022.

FURLAN, L. M., ROSOLEN, V., MOREIRA, C. A., BUENO, G. T., & FERREIRA, M. E. **The interactive pedological-hydrological processes and environmental sensitivity of a tropical isolated wetland in the Brazilian Cerrado.** SN Applied Sciences, v. 3, p. 1-15, 2021.

FREIRE, P. **Educação e Mudança.** 9ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1983.

FREIRE, P. **Educação como prática de liberdade.** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1991.

FREIRE, P. **Pedagogia da esperança.** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1992.

FREIRE, P. 1996. Ensinar não é transferir conhecimento. In: P. Freire (ed). Pedagogia da autonomia. Paz e Terra, São Paulo, 1996, 52- 101.

FREIRE, P. Educação e mudança (30a ed.). São Paulo: Paz e Terra, 2007.

FREIRE, P.; NOGUEIRA, A. Que fazer. Teoria e prática em educação popular, v. 4, 1989.

INPE. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. CBERS04A. Disponível em: <http://www.cbbers.inpe.br/sobre/cameras/cbers04a.php>. Acesso em: 10 nov. 2022.

JUNQUEIRA, D. A. **Princípios da governança ambiental na gestão de recursos hídricos com foco em áreas úmidas (AU's) na Depressão Periférica Paulista.** 2021.

MERHY, E. **Saúde: a cartografia do trabalho vivo.** 2 ed. São Paulo: Hucitec, 2005.

MILSON, J.J; ERIKSEN, A. **Field Geophysics.** Chichester, John Wiley & Sons Ltd, 2011, 279p.

MOKYR, J. **Thinking about technology and institutions.** Macalester International, v. 13, n. 1, p. 8. 2003.

MOREIRA, C. A., HELENE, L. P., Fernanda, T. G., HANSEN, M. A., MALAGUTTI FILHO, W., & DOURADO, J. C. **Análise comparativa entre arranjos de tomografia elétrica no reconhecimento de estruturas de fluxo em aquífero fraturado em Caçapava do Sul (RS).** Pesquisas em Geociências, v. 46, n. 1, p. e0710-e0710, 2019.

MOREIRA, C. A., ROSOLEN, V., FURLAN, L. M., BOVI, R. C., & MASQUELIN, H. **Hydraulic conductivity and geophysics (ERT) to assess the aquifer recharge capacity of an inland wetland in the Brazilian Savanna.** Environmental Challenges, v. 5, p. 100274, 2021.

ROSA, F. T. G., MOREIRA, C. A., ROSOLEN, V., CASAGRANDE, M., BOVI, R. C., FURLAN, L. M., DOS SANTOS, S. F. **Detection of aquifer recharge zones in isolated wetlands: comparative analysis among electrical resistivity tomography arrays.** Pure and Applied Geophysics, v. 179, n. 4, p. 1275-1294, 2022.

RUBIN, Y.; HUBBARD, S.S.. Hydrogeophysics, Dordrecht, Springer, 2005, 527p.

ŚLEDŹ, S., EWERTOWSKI, M. W., & PIEKARCZYK, J. **Applications of unmanned aerial vehicle (UAV) surveys and Structure from Motion photogrammetry in glacial and periglacial geomorphology.** Geomorphology, v. 378, p. 107620, 2021.

TINER, R. W. **Geographically isolated wetlands of the United States.** Wetlands, v. 23, n. 3, p. 494-516. 2003