

IMPACTOS TERRITORIAIS DA INSTALAÇÃO DAS PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS (PCH) BEDIM, JACARÉ E VILA GALUPO NO SUDOESTE

Territorial impacts of the installation of the Small Hydroelectric Plants (SHPs) Bedim, Jacaré and Vila Galupo in the southwest of Paraná

Impactos territoriales de la instalación de las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCHs) Bedim, Jacaré y Vila Galupo en el suroeste paranaense

DOI: 10.48075/igepec.v28i1.31049

Heloísa da Silva Victorino
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Pato Branco

José Ricardo da Rocha Campos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Pato Branco

IMPACTOS TERRITORIAIS DA INSTALAÇÃO DAS PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS (PCH) BEDIM, JACARÉ E VILA GALUPO NO SUDOESTE PARANAENSE

Territorial Impacts of the Installation of the Small Hydroelectric Plants (SHP) Bedim, Jacaré and Vila Galupo in the Southwest Of Paraná

Impactos Territoriales de la Instalación de las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH) Bedim, Jacaré y Vila Galupo en el Suroeste Paranaense

Heloísa da Silva Victorino¹
José Ricardo da Rocha Campos²

Resumo: Diante da importância de se considerar os impactos espaciais provocados pela instalação de empreendimentos hidrelétricos, ponderando riscos e viabilidades dessas estruturas, o objetivo deste trabalho consistiu em determinar a área territorial comprometida pela implantação das Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) Bedim, Jacaré e Vila Galupo, construídas no Rio Santana, subafluente do Rio Iguaçú, no sudoeste paranaense. Foi realizada a vetorização de um trecho deste curso d'água contendo as três PCHs a partir de duas imagens do satélite Sentinel-2, adquiridas em 06/02/2016 e 20/02/2021, respectivamente antes e após a instalação dos reservatórios, resultando em 0,480 km² de área inundada. Observou-se que, ainda que a capacidade de geração energética das PCHs em comparação às grandes Usinas Hidrelétricas (UHE) seja reduzida, seu índice de produção energética mostrou-se significativamente superior (cerca de 3,5 vezes maior) à UHE Itaipu Binacional, considerada a mais eficiente entre as grandes geradoras. Sob o ponto de vista de eficiência e impactos ambientais, as PCHs podem ser consideradas uma alternativa energética sustentável quando se trata do aspecto área inundada pelo reservatório.

Palavras-Chave: Recursos hídricos, Sensoriamento Remoto, Sustentabilidade, Pequenas Centrais Hidrelétricas.

Abstract: Given the importance of considering the spatial impacts caused by the installation of hydroelectric projects, considering the risks and viability of these structures, the objective of this work was to determine the territorial area compromised by the implementation of the Bedim, Jacaré and Vila Galupo Small Hydropower Plants (SHP), built in Santana River, a tributary of the Iguaçú River, in southwest Paraná. The vectorization of a stretch of this watercourse containing the three SHPs was carried out from two images from the Sentinel-2 satellite, acquired on 02/06/2016 and 02/20/2021, respectively before and after the installation of the reservoirs, resulting in 0.480 km² of flooded area. It was observed that, even though the energy generation capacity of SHPs compared to big Hydroelectric Plants (UHE) is reduced, their energy production index was significantly higher (about 3.5 times higher) than UHE Itaipu Binacional, considered the most efficient among the big generators. From the point of view of efficiency and environmental impacts, SHPs can be considered a sustainable energy alternative when it comes to the area flooded by the reservoir.

Keywords: Water resources, Remote Sensing, Sustainability, Small Hydroelectric Plants.

Resumen: Dada la importancia de considerar los impactos espaciales causados por la instalación de proyectos hidroeléctricos, considerando los riesgos y la viabilidad de estas estructuras, el objetivo de este trabajo fue determinar el área territorial comprometida por la implementación de las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH) Bedim, Jacaré y Vila Galupo. Usinas, construídas en Río de Janeiro Santana, afluente del río Iguazú, en el sudoeste de Paraná. La vectorización de un tramo de este curso de agua que contiene las tres PCHs se realizó a partir de dos imágenes del satélite Sentinel-2, adquiridas el 06/02/2016 y el 20/02/2021, respectivamente antes y después de la instalación de los embalses, resultando en 0,480 km² de área inundada. Se observó que, a pesar de que la capacidad de

¹ Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco. E-mail: hvictorino@utfpr.edu.br.

² Doutor em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade de São Paulo (Esalq/USP). Graduado e mestre em agronomia pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco. E-mail: jricardo28@gmail.com

generación de energía de las PCHs en comparación con las Grandes Centrales Hidroeléctricas (UHE) es reducida, su índice de producción de energía fue significativamente superior (alrededor de 3,5 veces mayor) que la UHE Itaipú Binacional, considerada la más eficiente entre las grandes generadoras. Desde el punto de vista de la eficiencia y de los impactos ambientales, las PCHs pueden considerarse una alternativa energética sustentable cuando se trata del área inundada por el embalse.

Palabras Clave: Recursos hídricos, Teledetección, Sostenibilidad, Pequeñas Centrales Hidroeléctricas.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico observado no Brasil, especialmente no final da década de 1960, fez com que a demanda por energia aumentasse significativamente, o que causou um aumento na pressão sobre os recursos naturais, especialmente os recursos hídricos. Apesar da primeira hidrelétrica brasileira ter sido inaugurada em 1883, foi somente a partir da década de 1960 que a expansão desta tecnologia passou a ter um papel verdadeiramente relevante. Em apenas 10 anos, entre 1960 e 1970, a capacidade instalada das hidroelétricas brasileiras passou de 4800 MW para 11460 MW (SOARES, et al., 2022). Corroborada pela interpretação literal da postulação de Descartes (2001), em nome do desenvolvimento econômico, a exploração dos recursos hídricos neste período foi bem agressiva e plenamente justificada.

Enquadradas em uma concepção de energia limpa, já que não emitem ou emitem em muito baixa escala gases de efeito estufa, têm baixo custo de operação e são fontes renováveis, as hidrelétricas ganharam mercado e começaram a difundir-se em prol do desenvolvimento nacional. Neste cenário, o alto potencial hidrelétrico brasileiro associado ao anseio pela inserção no mundo moderno, quando os problemas sociais desapareceriam, viabilizaram a multiplicação de usinas hidrelétricas no território nacional. Os impactos negativos decorrentes dessas instalações, como o desmatamento e o alagamento de grandes áreas que impactam a flora e a fauna foram negligenciados pela adoção de um baixo grau de disciplina e rigor do uso e ocupação do espaço (BECK, 1997). Rodrigues, Nogueira e Carvalho (2009) pontuam ainda impactos negativos como deslocamentos da população ribeirinha, mudanças na paisagem e nos ativos ambientais (que eventualmente podem ser atrativos turísticos).

Surgiu, então, a preocupação de utilização racional dos recursos naturais em meio ao processo de desenvolvimento, o que veio a ser denominado desenvolvimento sustentável. De acordo com o relatório da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento de 1987, também conhecido como Relatório Brundtland, o desenvolvimento sustentável é um processo de transformação harmoniosa entre a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional que reforça o potencial ambiental presente e futuro, a fim de atender às necessidades e aspirações humanas (BRASIL, 2012).

O contexto sustentável abre caminhos para a adoção das Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) como uma forte alternativa para a expansão da matriz energética brasileira. Tratam-se de usinas hidrelétricas de tamanho e potência relativamente reduzidos, entre 5 e 30 megawatts, e menos de 13 km² de área de reservatório (ANEEL, 2020), fatores que contribuiriam com a significativa redução dos impactos sociais e ambientais característicos das usinas hidrelétricas de grande porte, além de não requerem grandes quedas d'água para seu funcionamento. Em função disso, houve uma grande flexibilização das normas ambientais e foram concedidos incentivos financeiros com o objetivo de facilitar e agilizar a implantação de PCHs no Brasil, que prenunciam atender à crescente demanda por energia elétrica de forma equilibrada com a natureza. Um programa de destaque, lançado em 2004 pelo Governo Federal, foi o PROINFA (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia), que objetivava a geração de 1.000 megawatts (MW) de energia elétrica por meio das PCHs, com o propósito de aumentar a participação da energia elétrica produzida com base em fontes eólica, PCHs e biomassa, na matriz energética brasileira (SCHLEMPER E PINELA, 2023).

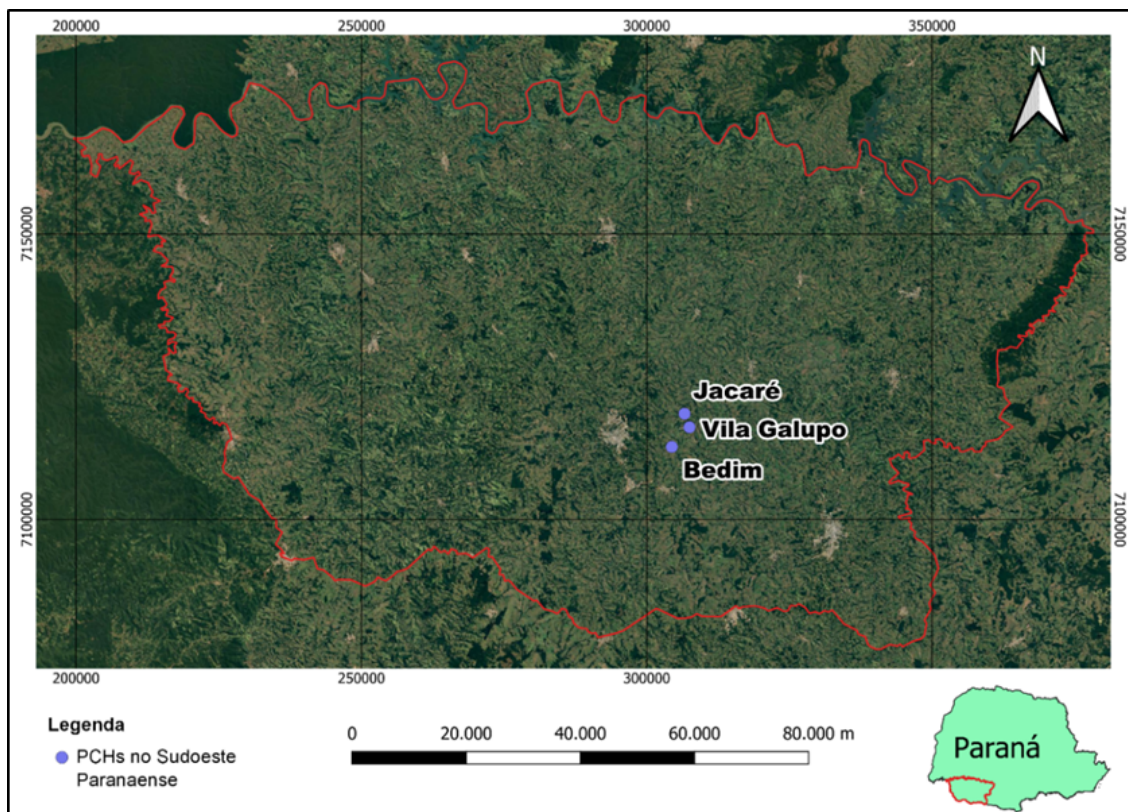
Apesar das dimensões reduzidas, a formação dos lagos das PCHs compromete áreas habitadas e agricultáveis que, ao serem alagadas, pressiona a migração das populações ribeirinhas, tanto humanas quanto não humanas. O ser humano migra e deixa para trás histórias, tradições, culturas e toda a relação construída com e sobre aquele local. Os seres animais e vegetais, muitas vezes, não tem a mesma opção; submergem no novo lago e acabam por extinguir diversas espécies locais da fauna e da flora.

A partir do cenário exposto percebe-se a importância de considerar os impactos espaciais provocados pela instalação de usinas hidrelétricas, sejam elas de grande, médio ou pequeno porte, ponderando riscos e viabilidades do empreendimento. Assim, o objetivo deste trabalho consiste em determinar a área territorial comprometida pela implantação das Pequenas Centrais Hidrelétricas Bedim, Jacaré e Vila Galupo no Sudoeste paranaense.

2 – MATERIAIS E MÉTODO

A área de estudo contempla três PCHs instaladas na mesorregião Sudoeste do Paraná: Bedim, Jacaré e Vila Galupo (Figura 1).

Figura 1 - Localização das PCHs Bedim, Jacaré e Vila Galupo no Sudoeste Paranaense (Imagem de 2020). Sistemas WGS84/UTM22S



Fonte: Autoria própria (2021).

Localizadas no curso do Rio Santana, que é subafluente do Rio Iguaçu no sudoeste paranaense, as Pequenas Centrais Hidrelétricas Bedim, Jacaré e Vila Galupo possuem cerca de cinco anos de operação, e foram as primeiras a serem instaladas nesta mesorregião.

A primeira PCH do sudoeste, com operação iniciada em 19 de março de 2018, Vila Galupo, localiza-se entre os municípios de Bom Sucesso do Sul e Francisco Beltrão e conta com capacidade de geração elétrica de 5,67 MW. Quase três meses depois, iniciou-se a vigência da PCH Jacaré, também localizada entre os municípios de Francisco Beltrão e Bom Sucesso do Sul, e com capacidade de geração de 5,60 MW. Mais recentemente, em 06 de novembro de 2020, foi inaugurada a PCH Bedim, com capacidade de geração de 6 MW, suficiente para abastecer 12,5 mil residências com energia elétrica. O reservatório desta PCH abrange, além do Rio Santana, uma porção do Rio Marmeleiro (SIGA, 2021).

De acordo com o IAT (2011), o Rio Santana, pertence à Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Iguaçu (BHBRI), cujo regime hidrológico não se apresenta de forma rigidamente definida, com precipitações ocorrendo durante todo o ano, podendo oscilar entre as estações (BORGES, 2020). Assim, adotou-se o mês de fevereiro como padrão para análise da área abrangida pelos reservatórios, uma vez que historicamente o verão é a estação mais chuvosa no Paraná, sendo os volumes totais acumulados consequência de tempestades isoladas, linhas de instabilidade e aglomerados de nuvens convectivas (SIMEPAR, 2021).

Como ferramenta fundamental de análise no presente estudo, o Sensoriamento Remoto, que pode ser entendido como um conjunto de técnicas que possibilita a obtenção de informações sobre a superfície terrestre através do registro da interação da radiação eletromagnética com os alvos a partir de plataformas aéreas ou orbitais, mostra-se como oportuno para o mapeamento de uso e ocupação do solo. Este mapeamento, por sua vez, possibilita a discriminação da área afetada pelo reservatório das PCHs, principalmente em virtude da redução de custos e da possibilidade de cobertura de uma extensa área, ainda que esta seja de difícil acesso.

Para análise da área efetivamente afetada pelos reservatórios das PCHs foi realizada a vetorização de um trecho do Rio Santana e do Rio Marmeleiro a partir de duas imagens orbitais viáveis, adquiridas em 06/02/2016 e 20/02/2021, respectivamente antes e após a instalação dos reservatórios, com 5 anos de intervalo entre elas. As imagens são provenientes do sensor MSI a bordo do satélite Sentinel-2.

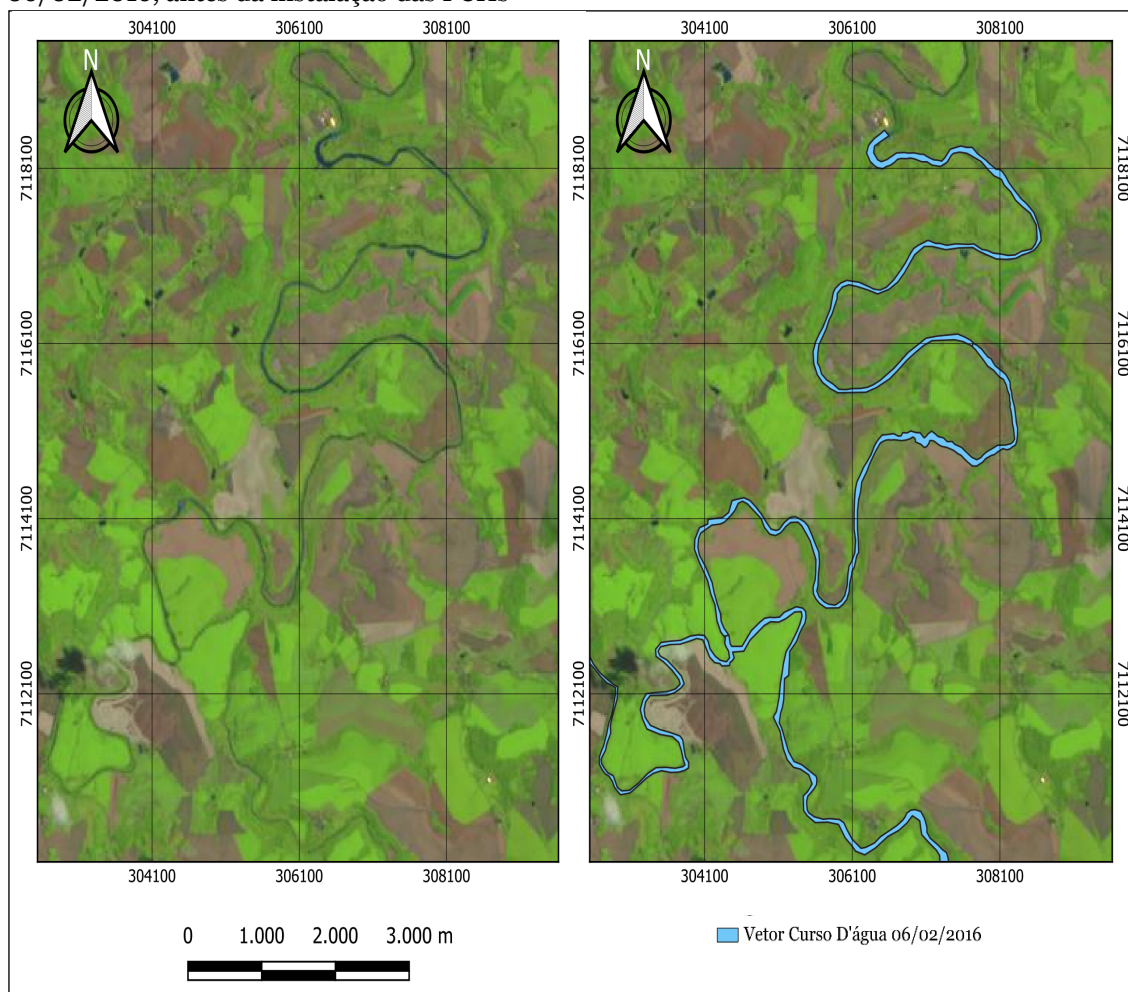
A missão Sentinel-2 consiste em dois satélites resultantes do Programa GMES (Global Monitoring for Environment and Security) conjuntamente administrado pela Comunidade Europeia e a ESA, para pesquisas sobre a vegetação, cobertura do solo e monitoramento ambiental. O satélite Sentinel-2A foi lançado pela ESA em 23 de junho de 2015 e opera em uma órbita sincronizada com o sol com um ciclo de repetição de 10 dias. Um segundo satélite idêntico (Sentinel-2B) foi lançado em 7 de março de 2017, estando ainda em operação. Juntos, eles cobrem todas as superfícies terrestres da Terra, grandes ilhas e águas interiores e costeiras a cada cinco dias.

O sensor MultiSpectral Instrument (MSI) a bordo do Sentinel-2 adquire 13 bandas espectrais variando de visível e infravermelho próximo (VNIR) a ondas curtas infravermelho (SWIR) comprimentos de onda ao longo de uma faixa orbital de 290 km (USGS, 2021). Para este estudo foram utilizadas as bandas espectrais azul (490 nm), verde (560 nm), vermelho (665 nm), com 10 metros de resolução espacial (USGS, 2018).

A vetorização do curso dos Rios Santana e Marmeleiro nas duas imagens foi realizada utilizando-se o software livre QGIS 3.16.9, cujo resultado apresenta-se nas Figuras 2 e 3; o Sistema de Referência utilizado foi WGS84 e o Sistema de Projeção, Universal Transverso de Mercator, Zona 22S. Posteriormente foram determinadas as áreas referentes aos polígonos anterior e posterior à instalação das PCHs e extraída a diferença de área entre elas, conforme apresentado na Tabela 1, para que fosse

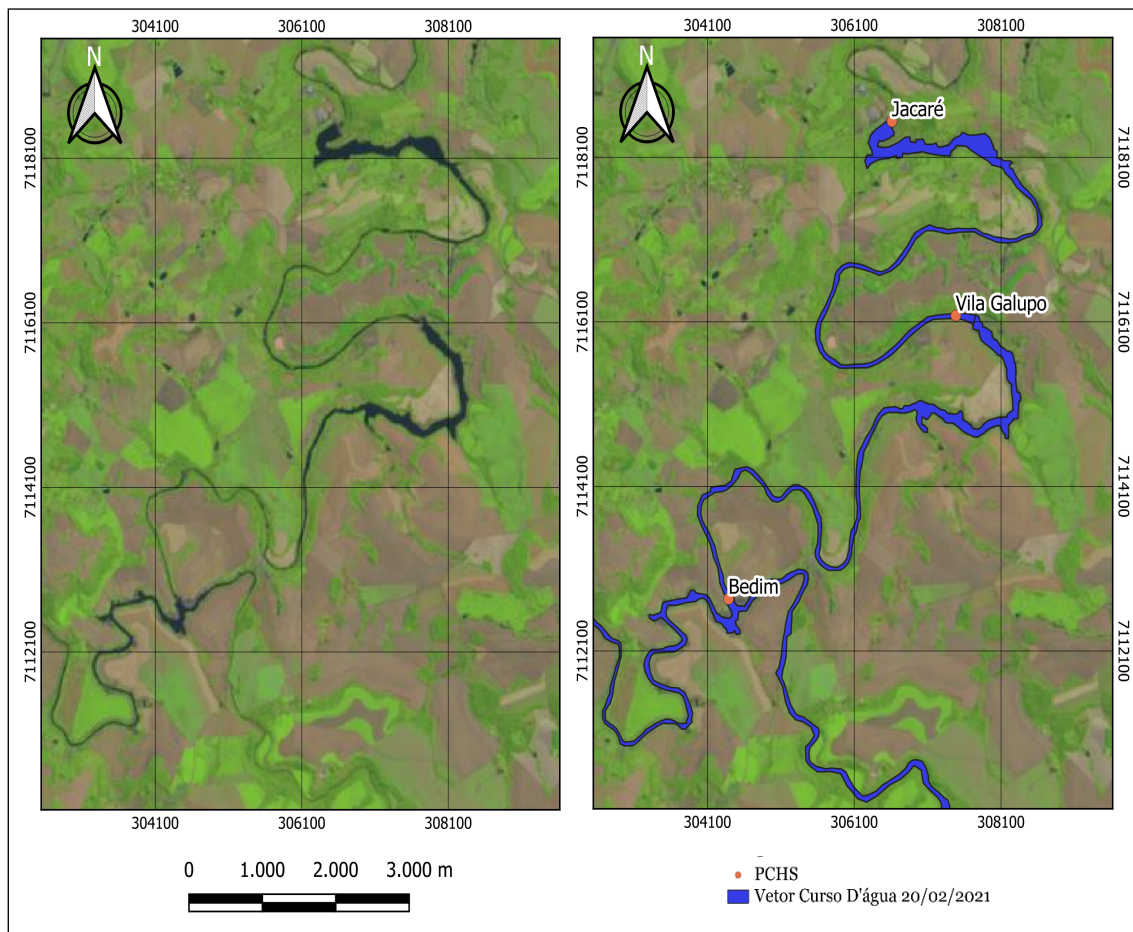
possível obter a superfície efetivamente abrangida pelo reservatório, descontando-se a calha do rio.

Figura 2 – Imagem orbital e vetor dos polígonos referentes aos Rios Santana e Marmeleiro em 06/02/2016, antes da instalação das PCHs



Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 3 – Imagem orbital e vetores dos polígonos referentes aos reservatórios das PCHs Jacaré, Vila Galupo e Bedim em 20/02/2021, após a instalação das PCHs



3 – RESULTADOS

A Usina Hidrelétrica Itaipu Binacional, que se localiza no rio Paraná, entre o Brasil e o Paraguai, possui um reservatório de 1.350 km² de área inundada, sendo o sétimo maior do Brasil, e dispõe do melhor índice de aproveitamento da água para produzir energia entre os grandes reservatórios brasileiros. Com capacidade instalada para geração de 14 GW, seu índice de produção é de 10,4 MW por km², ou seja, a cada 0,1 km² de área alagada possui capacidade para gerar 1 MW. (ITAIPU BINACIONAL, 2010).

Comparando-se a área comprometida pelos reservatórios das três Pequenas Centrais Hidrelétricas de estudo (Tabela 1), observa-se que estes representam aproximadamente 0,035% do lago artificial da UHE Itaipu, enquanto a capacidade produtiva acumulada dos três empreendimentos soma o equivalente a 17,270 MW (0,12% da Binacional), o que resulta em um índice de aproveitamento médio de 35,980 MW/km². Individualmente as PCHs Vila Galupo, Jacaré e Bedim possuem índices de aproveitamento de 36,115 MW/km², 26,667 MW/km² e 53,097 MW/km², respectivamente.

Tabela 1 – Área dos polígonos referentes à extensão do Rio Santana, antes e após a instalação das PCHs Jacaré, Vila Galupo e Bedim, conforme dados vetorizados

PCH	Antes (06/02/2016) (km ²)	Após (20/02/2021) (km ²)	Área inundada pelos reservatórios (km ²)
Jacaré	0,542	0,752	0,210
Vila Galupo	0,542	0,699	0,157
Bedim	0,681	0,794	0,113
Total	1,765	2,245	0,480

Fonte: Autoria própria (2023)

Os dados publicados pelo Caderno de Tecnologias de Geração 2023 (EPE, 2023) corroboram com os resultados alcançados neste trabalho, apontando que os projetos de PCH cadastrados desde 2017 possuem áreas inundadas inferiores a 15 km², sendo um valor baixo comparado às UHE convencionais, enquanto seus índices de produção em muitos superam diversas UHE consideradas como de alto Índice, como Itaipu (10,4 MW/km²), Teles Pires (13,5 MW/km²), Foz do Areia (10,9 MW/km²) e Ferreira Gomes (14,2 MW/km²).

Embora a capacidade de geração energética pelas PCHs seja limitada, algumas vantagens expressivas como a demonstrada alta produtividade, ausência de necessidade de grandes desníveis no relevo; menores custos de implantação e transmissão e redução dos impactos ambientais decorrentes do alagamento de grandes extensões de terras causado pelos lagos das Usinas Hidrelétricas, mesmo quando operantes em conjunto sobre um mesmo curso d'água, tem despertado o interesse por esta opção mais sustentável de geração elétrica.

A área inundada pelo reservatório das PCHs abordadas neste estudo são constituídas, predominantemente, de solo desenvolvido a partir do intemperismo de basalto, que tende a apresentar elevada fertilidade natural. A base de dados estadual do Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES, 2023) aponta produtividades entre 3 e 8 t/ha do cultivo de milho, soja e trigo, produtos de maior destaque na agricultura dos municípios de Bom Sucesso do Sul, Francisco Beltrão e Renascença, onde se localizam as PCHs, para 2016, período anterior à sua implantação. Entretanto, é importante salientar que, mesmo que a PCHs não tivessem sido construídas, a partir da aprovação da Lei 12.651 de 2012, artigo 4 (BRASIL, 2012), uma faixa de 100 m deveria ser destinada à preservação permanente, o que incluiria tais áreas.

Dessa forma, pode-se considerar que não decorreram grandes implicações da instalação dos reservatórios das PCHs Jacaré, Vila Galupo e Bedim sobre a produção agrícola, uma vez que são observadas quantidades semelhantes (e algumas até maiores) de produção para 2020 (período posterior à implantação das PCHs) em relação a 2016, conforme a Tabela 2. A redução observada na safra do trigo em 2020 decorre de uma grande influência de condições climáticas que resultaram em uma expressiva seca que prejudicou a colheita em todo o estado do Paraná (PARANÁ, 2021).

Tabela 2 – Produção agrícola de soja, milho e trigo total dos municípios onde se localizam as PCHs de estudo (em toneladas) nos anos de 2016 e 2020

	SOJA (t)		MILHO (t)		TRIGO (t)	
	2016	2020	2016	2020	2016	2020
Bom Sucesso do Sul	49080	54210	32000	66850	20350	12250
Francisco Beltrão	57000	75000	31900	40600	8850	7200
Renascença	99720	98225	39410	100250	16000	9620

Fonte: Adaptado de IPARDES (2023)

Entretanto, em se tratando de impactos ambientais decorrentes da instalação destas estruturas, Latini e Pedlowski (2016) consideram que seu porte pode não ser o melhor indicador. Segundo os autores, as implicações socioambientais derivadas dos empreendimentos hidrelétricos, mesmo os das pequenas plantas, tendem a ter encadeamentos em escala local, regional ou até mesmo global. Para corroborar este posicionamento, os autores reuniram estudos e evidências relatados na literatura que apontam alterações ambientais ocasionadas pela instalação de PCHs (Quadro 1). É importante observar que a maioria dessas pesquisas foram realizadas em âmbito internacional, restringindo a aplicação rigorosa de seus resultados para o cenário brasileiro, mas atuam como indicadores relevantes de que as PCHs possuem diferentes impactos sobre o ambiente, mesmo com seu porte reduzido (LATINI e PEDLOWSKI, 2016).

Quadro 1 – Alterações ambientais causadas por PCHs

Impactos	Referências
Alteração das características físicas do rio, como velocidade do fluxo, profundidade do canal e largura do canal, e alteração da disponibilidade de refúgios para a fauna	Fu et al., 2008; Zhou et al., 2009; Wu et al., 2009; 2012; Benejan et al., 2014
Ictiofauna: redução da densidade populacional, redução da biomassa populacional, redução da abundância populacional, alteração da abundância relativa, alteração de ordens dominantes, desaparecimento de espécies raras, alteração da estrutura etária, redução de peso e comprimento dos indivíduos	Almodóvar, Nicola, 1999; Hirschmann et al., 2008; Benejan et al., 2014
Macroinvertebrados: redução da diversidade, alteração na composição de espécies, alteração na dominância de grupos funcionais e alteração na densidade em diferentes pontos do rio	Cortes et al., 1998; Fu et al., 2008
Zooplâncton: alteração na densidade e na riqueza de espécies em diferentes pontos do rio	Zhou et al., 2009
Algas: alteração na riqueza de espécies à montante e à jusante, redução da diversidade, alteração da composição de espécies, redução da porcentagem de indivíduos eretos.	Wu et al., 2009; 2010
Menor Índice de Integridade Biológica em locais sob influência de PCHs	Wu et al., 2012

Fonte: Latini e Pedlowski (2016)

Mantel, Hughes e Muller (2010) e Pang et al. (2015) analisaram que as alterações das características físico-químicas das águas dos rios com aproveitamento hidrelétrico relacionam-se mais à densidade de pequenas barragens do que com o volume de seus reservatórios; ou seja, um grande número PCHs em uma mesma bacia hidrográfica pode ter equivalente ou maior potencial para impactar o meio ambiente (principalmente em função da redução do fluxo fluvial a jusante da

barragem) comparando-se aos grandes reservatórios das usinas hidrelétricas, que são distribuídos de forma mais espaçada dentro da paisagem.

Como efeitos socioeconômicos, Aguilar (2006), Grácio (2009) e Prado (2013) apud Latini e Pedlowski (2016) apontam impactos semelhantes aos causados por grandes usinas hidrelétricas, porém, em menor escala, como aumento da pressão sobre as infraestruturas existentes regionalmente, aumento de doenças de veiculação hídrica, aumento da probabilidade de contaminação de lençóis freáticos, geração de expectativas na população, redução de áreas destinadas à agricultura e à pecuária, interferências nas atividades de pesca e no cotidiano das populações derivada da realocação de famílias, causando conflitos com a população local, muitas vezes em regiões que interferem em territórios de populações tradicionais, prejudicando a manutenção de suas tradições políticas, sociais e culturais.

Dessa forma, observa-se a indispensabilidade de analisar todos os aspectos críticos envolvidos no cenário hidrelétrico, como impactos sociais e alterações da dinâmica na qualidade da água, flora e fauna decorrentes dessas obras, por exemplo, para que a avaliação da viabilidade de implantação das hidrelétricas, sejam de grande ou pequeno porte, seja realizada de forma minuciosa e em harmonia com o ambiente circundante.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho consistiu em determinar a área territorial comprometida pela implantação das Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) Bedim, Jacaré e Vila Galupo, construídas no Rio Santana, subafluente do Rio Iguaçu, no sudoeste paranaense. Para tanto foi realizada a vetorização de um trecho deste curso d'água contendo as três PCHs a partir de duas imagens do satélite Sentinel-2, adquiridas em 06/02/2016 e 20/02/2021, respectivamente antes e após a instalação dos reservatórios, resultando em 0,480 km² de área inundada.

Os resultados apontaram áreas inundadas pelos reservatórios das PCHS Jacaré, Vila Galupo e Bedim de 0,210 km², 0,157 km² e 0,113 km², respectivamente, resultando nos respectivos índices de produção energética de 26,667 MW/km², 36,115 MW/km² e 53,097 MW/km², indicando uma alta produtividade dessas estruturas reduzidas de geração hidrelétrica.

Apesar da Latini e Pedlowski (2016) sugerirem que a instalação de PCHs em cascata (obras consecutivas no mesmo curso d'água) possa trazer impactos ao meio ambiente comparáveis a grandes Usinas Hidrelétricas, no quesito área, esta questão não foi observada neste trabalho. Por outro lado, ainda que de haja uma capacidade reduzida de geração energética, observou-se um índice de produtividade energética significativamente superior à UHE Itaipu Binacional, a mais eficiente entre as grandes geradoras, mostrando que as PCHs podem ser consideradas uma alternativa energética sustentável no aspecto de área inundada pelo reservatório.

Com relação à produtividade agrícola da região, não foram observadas baixas significativas na produção dos grãos de destaque na economia sudoestina (soja, milho e trigo) decorrentes da ocupação dos reservatórios das PCHs.

No entanto, observa-se a necessidade de analisar outros aspectos críticos envolvidos neste cenário, como impactos sociais e alterações na qualidade da água, flora e fauna decorrentes dessas obras, por exemplo, para que a avaliação da viabilidade de tais estruturas seja realizada de forma coerente e acertada, principalmente quando se considera o processo simplificado de licenciamento ambiental para tais empreendimentos.

Ainda mostra-se necessário considerar aspectos socioeconômicos positivos decorrentes da instalação de empreendimentos hidrelétricos, como a harmonia paisagística pela presença do lago, a disponibilidade de água reservada para o abastecimento e irrigação, a produção de energia, a geração de empregos locais, a criação de oportunidades de recreação e turismo, o aumento da possibilidade de pesca e aquicultura, a regularização de vazões e controle de enchente, e a possibilidade de novas atividades econômicas (BRITO e COSTA, 2019).

Pautando-se nos dados apresentados, conclui-se que, apesar de espacialmente as PCHs mostrarem-se promissoras, torna-se imprescindível a necessidade de enquadrá-las como qualquer outro empreendimento potencialmente prejudicial, como prevê a Política Nacional de Meio Ambiente, e assim estarem sujeitas a uma avaliação de viabilidade socioambiental criteriosa, ao invés de se fragilizar o processo de licenciamento ambiental a partir da flexibilização de normas e legislações, além do acompanhamento dos impactos através de avaliações subsequentes à implantação.

Como última ponderação, este trabalho não pretende desestimular a implantação de PCHs como alternativa para geração elétrica em circunstâncias favoráveis a este tipo de empreendimento. Pelo contrário, objetiva-se incentivar o estudo aprofundado de viabilidade socioeconômica e ambiental para que o crescimento econômico nacional seja pautado em decisões acertadas que promovam, além da economia, também a sustentabilidade em todos os pilares do desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. *Resolução Normativa Nº 875, de 10 de março de 2020*. 20.20. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2020875.pdf>>. Acesso em 21 out. 2021.

BECK, U. A reinvenção da política: rumo a uma teoria da modernização reflexiva. In: GIDDENS, Anthony, BECK, Ulrich, LAASH, Scott. *Modernização Reflexiva – política, tradição e estética na ordem social moderna*. São Paulo: UNESP, 1997.

BORGES, A. Caracterização espaço-temporal dos regimes pluviométricos e hidrológicos do baixo rio Iguaçu (1976-2016). 2020. *Dissertação (Mestrado em Geografia)*. Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Campus Francisco Beltrão. Disponível em: <<http://tede.unioeste.br/handle/tede/4838>>. Acesso em 14 Dez. 2021.

BRASIL. *Lei 12.651 de 25 maio de 2012*. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 25 Mai. 2012.

BRASIL. Senado Federal. Rio+20: Em busca de um mundo sustentável. *Em Discussão!* Brasília (DF). Ano 3, Nº 11, junho de 2012. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/NOTICIAS/JORNAL/EMDISCUSSAO/rio20.aspx>>. Acesso em 5 Nov. 2021.

BRITO, L. A. P. F.; COSTA, S. B. Avaliação dos impactos socioambientais gerados na implantação de pequenas centrais hidrelétricas e usinas hidrelétricas de médio porte. *Revista Brasileira de Energia*, Vol. 25, Nº 1, 2019.

DESCARTES, R. Discurso do método. Tradução de Maria Ermantina Galvão e revisão de Mônica Stahel. 3. ed. São Paulo: *Martins Fontes*, 2001.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. *Caderno de Tecnologias de Geração 2023*. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-745/Caderno%20de%20Tecnologias%20de%20Gera%C3%A7%C3%A3o%202023.pdf>>. Acesso em 3 Jul. 2023.

USGS – United States Geological Survey. *Earth Resources Observation and Science Center: USGS EROS Archive - Sentinel-2*. 2018. Disponível em: <https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-sentinel-2?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects>. Acesso em 05 Dez. 2021.

IAT – Instituto Água e Terra. Comitê dos Afluentes do Baixo Iguaçu. *Área de abrangência*. 2011. Disponível em: <<http://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Comite-dos-Afluentes-do-Baixo-Iguacu#collapseCollapsibleKUGVBKD1DVL5F>>. Acesso em 15 Dez. 2021.

IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. *Base de Dados do Estado (BDEweb)*. Curitiba, 2023. Disponível em: <<http://www.ipardes.gov.br/imp/index.php>>. Acesso em 05 Jul. 2023.

ITAIPU Binacional. *Reservatório*. 2010. Disponível em: <<https://www.itaipu.gov.br/energia/reservatorio>>. Acesso em 05 Dez. 2021.

LATINI, J. R.; PEDLOWSKI, M. A. Examinando as contradições em torno das Pequenas Centrais Hidrelétricas como fontes sustentáveis de energia no Brasil. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 37, maio 2016. (Edição Especial Nexo Água e Energia). DOI: 10.5380/dma.v37i0.42599.

MANTEL, S. K.; HUGHES, D. A.; MULLER, M. W. K. Ecological impacts of small dams on South African rivers Part 1: Drivers of change – water quantity and quality. *Water SA*, 36(3), 351-360, 2010. Disponível em: <<http://www.wrc.org.za>>. Acesso em: 25 Abr. 2023.

PANG, M.; ZHANG, L.; ULGIATI, S.; WANG, C. Ecological impacts of small hydropower in China: Insights from an energy analysis of a case plant. *Energy Policy*, 76, 112122, 2015. doi:10.1016/j.enpol.2014.10.009

PARANÁ. *Agência Estadual de Notícias*. *Paraná deve produzir 25,37 milhões de toneladas de grãos na safra de verão*. 2021. Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Parana-deve-produzir-2537-milhoes-de-toneladas-de-graos-na-safra-de-verao#:~:text=O%20relat%C3%B3rio%20tamb%C3%A9m%20traz%20informa%C3>

3,3 milhões de toneladas. Acesso em 05 Jul. 2023.

RODRIGUES, W.; NOGUEIRA, J. M.; CARVALHO, E. Avaliação Econômica dos Danos Ambientais Causados pela Implantação da Usina Hidrelétrica Luis Eduardo Magalhães: Uma Aplicação do Método de Valoração Contingente. *Informe GEPEC*, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 52–63, 2009. DOI: 10.48075/igepec.v13i1.1272. Disponível em: <<https://e-revista.unioeste.br/index.php/gepec/article/view/1272>>. Acesso em: 25 Abr. 2023.

SCHLEMPER, A. L.; PINELA, S. R. S. A Construção Social do Problema Ambiental: o Caso da Pequena Central Hidrelétrica Paiol Grande em Palmas-PR/The social construction of the environmental problem: the case of small hydropower plant Paiol Grande in Palmas-PR. *Informe GEPEC*, [S. l.], v. 27, n. 1, p. 303–319, 2023. DOI: 10.48075/igepec.v27i1.30193. Disponível em: <<https://e-revista.unioeste.br/index.php/gepec/article/view/30193>>. Acesso em: 25 Abr. 2023.

SOARES, K. J.; FREITAS, G. A. DE.; MENEZES, B. F.; ROCHA, M. H. F. DE F.; MOREIRA, G. A.; NAVES, A. C. T. S. G.; RODRIGUES, L. G. DE MELO.; PASSOS, M. A.; OLIVEIRA, D.; MARQUES, R. F. DE PAULA.; SOARES, D. DE J.; FERREIRA, I. T. R. Marcos históricos do setor hidrelétrico brasileiro. *Research, Society and Development*, v. 11 n. 7, e9211729680, 2022.

SIGA – Sistema de Informações de Geração da ANEEL. Usinas e Agentes de Geração. Disponível em: <app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNjc4OGYyYjQtYWM2ZCooYjllLWJlYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2IiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMio5MmQoLWVhNGU5YzAxNzBlMSIsImMiOiR9>. Acesso em 10 Nov. 2021.

SIMEPAR – Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná. *Boletim climático para o verão 2020/2021*. Disponível em: <http://www.simepar.br/prognozweb/simepar/timeline/boletim_climatologico>. Acesso em 14 Dez. 2021.

Recebido em 03/05/2023.
Aceito em 22/22/2024.