
APROPRIAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS E INTERVENÇÕES NOS CANAIS FLUVIAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SEBOTUBA, ALTO PARAGUAI, MATO GROSSO – BRASIL

APPROPRIATION OF WATER RESOURCES AND INTERVENTIONS IN RIVER CHANNELS WITHIN THE SEBOTUBA RIVER BASIN, UPPER PARAGUAI, STATE OF MATO GROSSO, BRAZIL

Gustavo Roberto dos Santos Leandro¹

Paulo Cesar Rocha²

Célia Alves de Souza³

RESUMO: As principais mudanças na bacia hidrográfica do rio Sepotuba estão ligadas ao setor hidrelétrico. Contudo, os modos de produção desenvolvidos em Mato Grosso ainda estão embasados em dois pilares: a pecuária e a agricultura (monoculturas). Logo, os usos indiretos interferem de forma direta nos canais fluviais e em seus ambientes. Ao longo dos perfis longitudinais, há barramentos que, em vários trechos, foram construídos em sequência. Além desse padrão, foram identificados inúmeros terraceamentos para a construção de estradas. O aumento das áreas alagadas com a construção das Usinas Hidrelétricas e das Pequenas Centrais Hidrelétricas tem impactos locais e a jusante, sobretudo no que diz respeito ao controle do fluxo da água e aos sedimentos. Por outro lado, os processos erosivos e de assoreamento identificados estão relacionados aos usos indiretos com efeitos nos canais fluviais de baixa ordem (de primeira a terceira ordem).

Palavras-chave: Impactos Ambientais. Canais Fluviais. Rio Sepotuba – Mato Grosso.

1 Doutor pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP - Presidente Prudente – SP. E-mail: gustavogeociencias@gmail.com.

2 Professor do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP - Presidente Prudente – SP – E-mail - pcrrocha@fct.unesp.br.

3 Professora do Curso de Geografia e dos Programas de Pós-Graduação em Geografia e Ciências Ambientais da Universidade do Estado de Mato Grosso. E-mail: celialvesgeo@globocom.

Resultados da Tese de Doutorado em Geografia do primeiro autor financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP. Processo: 2016/07635-0.

Agradecimentos

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP pela concessão de bolsa de Doutorado processo nº 2016/07635-0. Também aos Laboratórios de Pesquisa e Estudos em Geomorfologia Fluvial – LAPEGEOF da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT e Laboratório de Geologia, Geomorfologia e Recursos Hídricos – Lab GGRH da Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT da Universidade Estadual Paulista – UNESP pelo apoio logístico e institucional.

Artigo recebido em março de 2020 e aceito para publicação em setembro de 2020.

ABSTRACT: The changes in the Sepotuba river channels relate to the hydropower sector. However, the production methods undertaken in Mato Grosso are still based on two pillars: livestock and crop growing (monocultures). In this sense, such indirect uses interfere directly with the river channels and their environments. Along the river's longitudinal profiles, in several sections, there are impoundments built in sequence and, besides such a pattern, there are numerous terraced lands meant for road construction. The increase in flooded areas due to the construction of hydroelectric power plants and small impoundment facilities leads to local and downstream impacts, especially with regard to controlling the water flow and sediments, since the retention of sediments can also compromise the service life of reservoirs. Conversely, the erosive and silting processes identified in the study are related to indirect uses, with effects on the low-order channels (from first to third order).

Keywords: Environmental Impacts. River Channels. Sepotuba River – Mato Grosso, Brazil.

RESUMEN: Los principales cambios en la cuenca hidrográfica del río Sepotuba están vinculados al sector hidroeléctrico. Sin embargo, los métodos de producción desarrollados en Mato Grosso todavía se basan en dos pilares: la ganadería y la agricultura (monocultivos). Por tanto, los usos indirectos interfieren directamente con los cauces de los ríos y sus entornos. A lo largo de los perfiles longitudinales, hay represa que, en varios tramos, se construyeron en secuencia. Además de este patrón, se identificaron numerosas terrazas para la construcción de caminos. El aumento de áreas inundadas con la construcción de Hidroeléctricas y Pequeñas Hidroeléctricas tiene impactos locales y aguas abajo, especialmente en lo que respecta al control del flujo de agua y sedimentos. Por otro lado, los procesos de erosión y sedimentación identificados se relacionan con usos indirectos con efectos en cauces fluviales de bajo orden (primero a tercer orden).

Palabras clave: Impactos Ambientales. Canales Fluviales. Río Sepotuba - Mato Grosso.

INTRODUÇÃO

A apropriação do relevo e o uso de recursos hídricos geram inúmeros impactos nas bacias hidrográficas, sobretudo no que se refere às mudanças e à degradação em seus canais fluviais. Segundo Casseti (1991), as atividades desenvolvidas pela sociedade, em contato direto com as formas do relevo, tornam os ambientes suscetíveis a alterações ligadas às intenções e ações humanas. Nesse sentido, ao mesmo tempo em que o relevo terrestre se insere no conjunto de elementos da natureza, constitui-se em um recurso natural revestido de interesse geográfico e, portanto, de preocupação ambiental, uma vez que jamais poderá deixar de ser tratado sob o prisma antropocêntrico.

Atualmente, reconhece-se que o desflorestamento, as práticas agrícola e urbana de uso da terra, a utilização da água do lençol freático para abastecimento e irrigação, bem como a construção de grandes barramentos para abastecimento e, principalmente, para geração de energia, somados, geram um efeito bola-de-neve e têm contribuído para alterações no ciclo hidrológico e consequentemente no regime dos rios, um fato evidenciado pela vazão (ROCHA, 2010).

Isso ocorre porque, conforme destaca Tundisi (2005), a diversificação dos usos múltiplos juntamente com o desenvolvimento econômico e social produzem inúmeras pressões sobre o ciclo hidrológico. Consequentemente, há uma multiplicidade de

impactos, de diversas magnitudes, que exigem diferentes tipos de avaliações qualitativas e quantitativas atreladas ao monitoramento.

Nesse sentido, a ação de planejar depende diretamente da ação de pesquisar e de analisar os variados aspectos do meio ambiente e das formas de uso e ocupação que a sociedade estabelece ao longo do tempo. Dessa forma, o valor da bacia hidrográfica enquanto unidade de análise e planejamento ambiental cresceu, sobretudo na década de 1990 (CARVALHO, 2014). A partir de então, é possível avaliar de forma integrada as ações humanas sobre o ambiente e seus desdobramentos sobre o equilíbrio hidrológico dos padrões de fluxo.

Ainda do ponto de vista integrador, os sistemas fluviais são estruturados por três zonas principais: 1) cabeceiras de drenagem – principais áreas fontes de sedimentos; 2) médio curso responsável pela transferência de material com as redes de transporte; e 3) baixo curso com um mosaico de unidades geomórficas associado ao desenvolvimento da planície de inundação (SCHUMM, 1977). Nesse sentido, tanto do ponto de vista estrutural como do funcional, a integração depende da conexão dos elementos ambientais e das formas de apropriação na bacia hidrográfica (SOUZA, 2013).

Bracken e Croke (2007) corroboram a discussão quando se trata da identificação de três principais tipos de conectividade enfatizando o meio físico e, portanto, a bacia hidrográfica por sua integração: (i) a conectividade da paisagem (ou do modelado), relativa à ligação física das formas de relevo; (ii) a conectividade hidrológica, referindo-se à passagem de água através da bacia hidrográfica; (iii) a conectividade sedimentológica, relativa à transferência de sedimentos através de uma bacia hidrográfica. A esta tipologia, pode-se acrescentar, ainda, o aspecto biótico e a conectividade ecológica, expressos pela cobertura vegetal, com destaque para as zonas ripárias (ROCHA, 2011).

Nesse contexto, a Geomorfologia possui um caráter integrador na medida em que procura compreender a evolução espaço-temporal dos processos do modelado terrestre, tendo em vista escalas de atuação desses processos, antes e depois da intervenção humana, em um determinado ambiente (CUNHA, 2010; SOUZA, 2013). Portanto, a dinâmica de elaboração do modelado se materializa no conjunto de formas e processos que incorporam à paisagem características únicas. Dessa forma, canais fluviais se comportam como agentes principais na configuração do relevo, especialmente em bacias hidrográficas (VALEZIO; PEREZ FILHO, 2015).

Em Mato Grosso, os recursos hídricos disponibilizados por suas bacias hidrográficas têm sido utilizados principalmente para as atividades agropecuárias (SOUZA, 2004; MIRANDOLA-AVELINO, 2006; PESSOA *et al.*, 2013). Entretanto, outras formas de uso têm sido instaladas, como o setor hidrelétrico, com impactos diretos nos canais fluviais a partir das estruturas instaladas, a exemplo dos barramentos (RITELA, 2014). Nesse sentido, o presente trabalho objetivou identificar as principais formas de intervenções no sistema fluvial do rio Sepotuba, importante afluente da bacia hidrográfica do Alto Paraguai, Mato Grosso, Brasil.

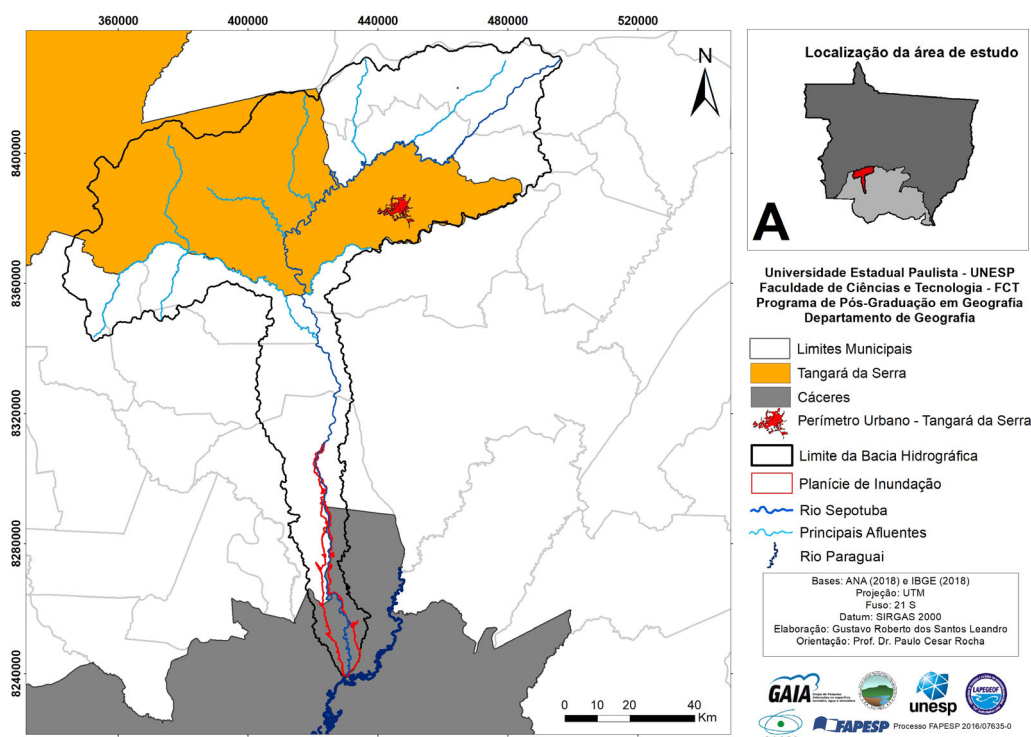
MATERIAIS E MÉTODO

Área de estudo

Localizada na região Sudoeste de Mato Grosso, a bacia hidrográfica do rio Sepotuba compõe o sistema hidrográfico do Alto rio Paraguai, que é constituído por importantes sistemas de drenagem inseridos em áreas de Planalto que logo alcançam o sistema de planícies e megaleques aluviais, com destaque para o Pantanal Norte. Sobrepostos ao sistema hidrográfico,

encontram-se os municípios de Cáceres e Tangará da Serra, importantes polos regionais de Mato Grosso, que influenciam diretamente nos arranjos produtivos com consequentes mudanças nas coberturas e usos da terra, bem como nos recursos hídricos (Figura 1).

Desse modo, a opção pela investigação da bacia hidrográfica do rio Sepotuba foi baseada no seu contexto geomorfológico entre as bordas da Chapada dos Parecis e a planície e pantanais mato-grossenses; sua importância fitofisionômica em se tratando das transições entre o Cerrado e Amazônia, bem como a contribuição de seu sistema fluvial para o Pantanal (SILVA *et al.*, 2015). Ressalta-se, ainda, que os processos de apropriação do solo e relevo com a conversão de sua fitofisionomia, sobretudo em áreas de pastagem para fins agropecuários, resultam em mudanças no sistema fluvial (SILVA *et al.*, 2011).



Elaboração: LEANDRO, Gustavo Roberto dos Santos (2019).

Figura 1. Bacia hidrográfica do rio Sepotuba, Alto Paraguai – Mato Grosso.

Procedimentos Metodológicos

Inicialmente, para a compreensão dos processos de apropriação do relevo e dos recursos hídricos, a vetorização dos principais tributários constituiu-se em etapa importante. Para tanto, foram interpretadas as cartas topográficas em escala 1:250.000, referentes à área de abrangência da bacia hidrográfica do rio Sepotuba, Mato Grosso, bem como produtos orbitais (imagens de satélite e dados SRTM – Modelo Numérico do Terreno e Modelo Sombreado, disponibilizados pela plataforma Topodata em <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>). A base de dados da Agência Nacional de Águas – ANA também foi consultada para identificação das divisões em relação aos principais afluentes do sistema, bem como suas respectivas sub-bacias hidrográficas, conforme disponibilizado em <http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home>.

Também foram necessárias ferramentas computacionais de geoprocessamento, como os *softwares ArcGIS 10.3* e *Google Earth*, pois subsidiaram o tratamento dos dados coletados, a vetorização do sistema de drenagem e a identificação das sub-bacias hidrográficas contribuintes do rio Sepotuba. Ao mesmo tempo, fez-se uso das cartas topográficas, as quais possibilitaram aferir as informações geradas pelo Sistema de Informações Geográficas, por exemplo, o traçado da rede de drenagem, as cotas de elevação para a elaboração dos perfis longitudinais, o limite da bacia hidrográfica e as principais sub-bacias hidrográficas.

Apartir de levantamentos, bem como de revisão bibliográfica em documentos governamentais como o Atlas do Estado de Mato Grosso elaborado pela Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão – SEPLAN e em teses, dissertações e artigos científicos, foi possível identificar as principais atividades econômicas em desenvolvimento na bacia hidrográfica do rio Sepotuba. Nesse sentido, consideraram-se os usos e ocupações da terra atuais e incorporou à análise a delimitação de terras indígenas na área de estudo por suas funções relacionadas à preservação e conservação dos recursos ambientais. Os *shapes* atualizados por Unidade da Federação ou Por Fase do Processo Administrativo encontram-se disponíveis em <http://www.funai.gov.br/index.php/shape>

Com auxílio do software *Google Earth*, as imagens disponíveis foram analisadas a fim de identificar as principais intervenções nos canais fluviais ao considerar o setor agropecuário como uso e ocupação da terra predominante na área de estudo. Associados às mudanças no canal, os processos-resposta também foram categorizados: reservação de água, feições erosivas e assoreamento do canal.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Do ponto de vista hidrográfico, o rio Sepotuba é um dos principais contribuintes do Alto rio Paraguai, estado de Mato Grosso, pois seu sistema de drenagem abrange 9.827,98 km². Nesse contexto, 48,1% da bacia hidrográfica do rio Sepotuba é drenada por cursos d'água diretamente relacionados ao rio principal, enquanto que 51,9% da área de drenagem pertence a afluentes que desaguam no rio Sepotuba. Dessa forma, entre as sub-bacias hidrográficas, a maior área de drenagem, com 2.278,64 km² (23,18%), tem como canal principal o rio Juba, também o afluente de maior extensão, com 128,78 km. No baixo curso do rio Sepotuba, ocorre a segunda maior área de drenagem, com 1.910,54 km², correspondente a 19,43%, definida como sub-bacia hidrográfica 8 – Interbacia do rio Sepotuba (Tabela 1).

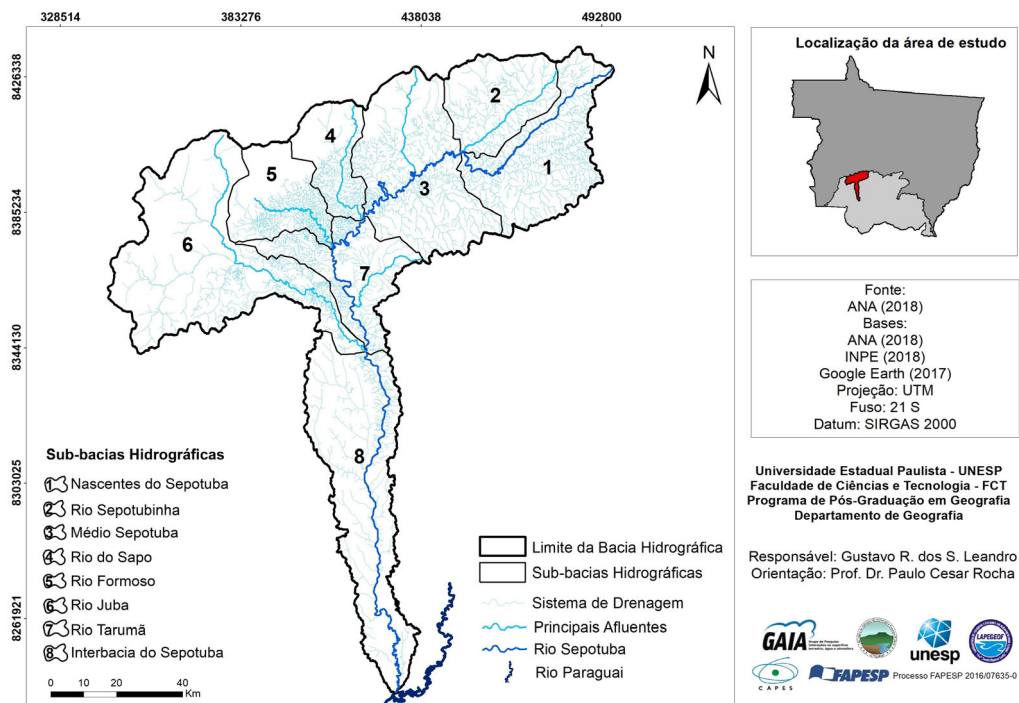
Tabela 1. Distribuição das áreas de drenagem das sub-bacias hidrográficas do rio Sepotuba e com destaque para os principais afluentes do sistema

Sub-bacia hidrográfica	Área Km ²	Percentual Área %	Extensão do canal principal Km
1 – Nascentes do Sepotuba*	1.229,64	12	405,44
2 – Rio Sepotubinha	793,59	8,07	56,11
3 – Médio Sepotuba*	1.588,62	16,16	405,44
4 – Rio do Sapo	547,39	5,56	51,93
5 – Rio Formoso	711,47	7,23	53,51
6 – Rio Juba	2.278,64	23,18	128,78
7 – Rio Tarumã	847,32	8,62	36,76
8 – Interbacia do rio Sepotuba*	1.910,54	19,43	405,44

*405,44 km corresponde à extensão da Nascente à Foz.

Organização: LEANDRO, Gustavo Roberto dos Santos (2020).

É importante considerar o papel dos aspectos geológico-geomorfológicos que desempenham controle sobre as formas de relevo com os processos de dissecação, aplanamento e acumulação, sendo bem expressos pelos arranjos dos canais fluviais. As unidades 1, 2, 3 e 8 drenam áreas do próprio rio Sepotuba, enquanto que as unidades 4, 5, 6 e 7 correspondem às sub-bacias hidrográficas dos principais afluentes. Os rios do Sapo, Formoso e Juba desaguam pela margem direita e o rio Tarumã pela margem esquerda (Figura 2).



Organização: LEANDRO, Gustavo Roberto dos Santos (2017).

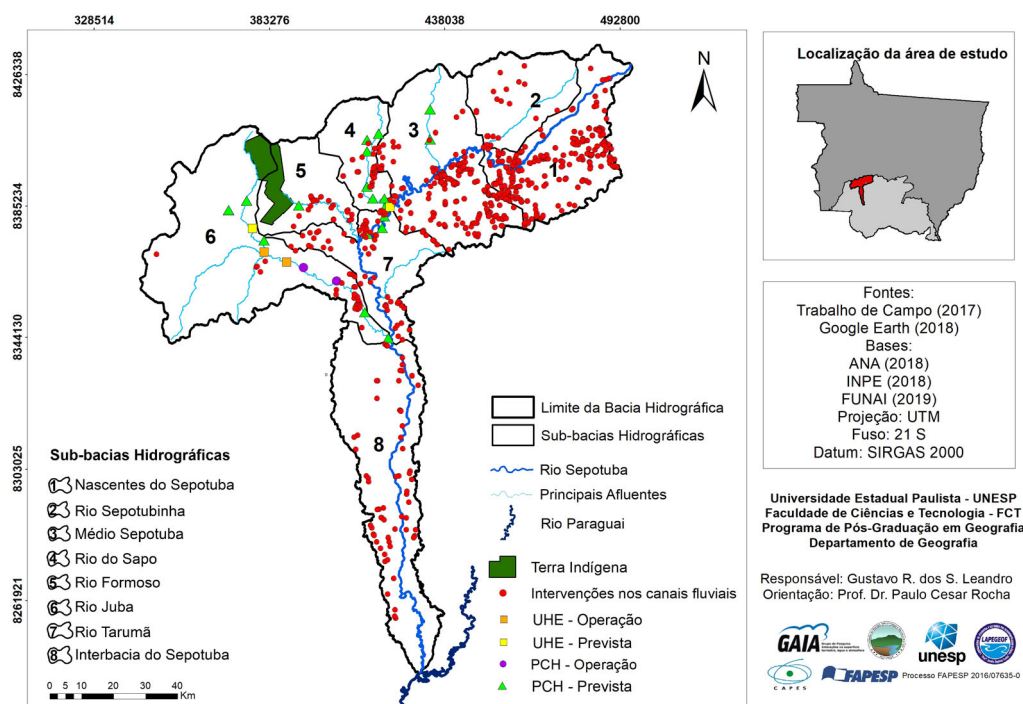
Figura 2. Hierarquização fluvial e as sub-bacias hidrográficas que compõem o sistema do rio Sepotuba, Alto rio Paraguai no estado de Mato Grosso.

O estado de Mato Grosso se consolidou economicamente como um dos carros-chefes brasileiros, com respaldo do agronegócio. Consequentemente, a apropriação dos recursos naturais avançou de tal forma que houve a substituição das coberturas vegetais e, em seguida, a exploração dos solos e da água. Em vista disso, Leandro e Rocha (2019), a partir das discussões de Dubreuil *et al.* (2005) sobre a evolução da apropriação e exploração das terras na região sudoeste de Mato Grosso, verificaram que na bacia hidrográfica do rio Sepotuba, assim como em afluentes vizinhos, houve a supressão de diferentes coberturas vegetais, entre elas, as florestas de terras baixas e aluviais, associada a impactos de ordem hidrológica e morfológica no sistema rio-planície de inundação (LEANDRO; ROCHA, 2019).

Assim, no presente estudo, foram identificadas as principais intervenções relacionadas à conservação e apropriação dos recursos naturais (água e solo) na bacia hidrográfica do rio Sepotuba, bem como particularidades por sub-bacia hidrográfica (mais de 880 pontos identificados). Em relação à hidrodinâmica e ao aporte de sedimentos, as influências ocorrem devido às obras para a construção de pequenos barramentos ao longo dos cursos d'água, com destaque para os canais fluviais de primeira e segunda ordem (Figura 3).

Isso ocorre porque, de acordo com Faria (1994) e Faria e Marques (1998), as bacias hidrográficas de primeira ordem são muito sensíveis às alterações na cobertura do solo. Estudando áreas médias de 0,3 km² em Itapemirim (ES), esses autores perceberam que quando essas bacias estão sob intenso uso agrícola, a erosão transfere das encostas para os canais uma carga de sedimentos de aproximadamente 780 t/ano. Esse volume é muito superior à capacidade desses canais para realizar a remoção e o transporte, o que acarreta uma intensa sedimentação no fundo dos vales, podendo levar ao seu encurtamento ou desaparecimento.

Desse modo, os canais de primeira e segunda ordem na bacia hidrográfica do rio Sepotuba, além de estarem expostos à ação das chuvas concentradas entre outubro a abril, intensificadas de dezembro a fevereiro (DALLACORT *et al.*, 2011), têm suas áreas de drenagem sujeitas aos usos agrícola e pecuário (LEANDRO; ROCHA, 2019), o que acarreta processos erosivos identificados em seu sistema. Cabe destacar que a maioria das barragens identificadas tem por objetivo a reservação de água, com a finalidade de uso para irrigação ou drenagem do solo (monoculturas) e dessedentação animal (pecuária). Em princípio, pequenos barramentos podem não gerar impactos com as mesmas proporções aos das grandes usinas e pequenas centrais hidrelétricas. No entanto, sua somatória resulta em um efeito cascata no sistema ao longo do canal fluvial, e do tempo (Figura 3).



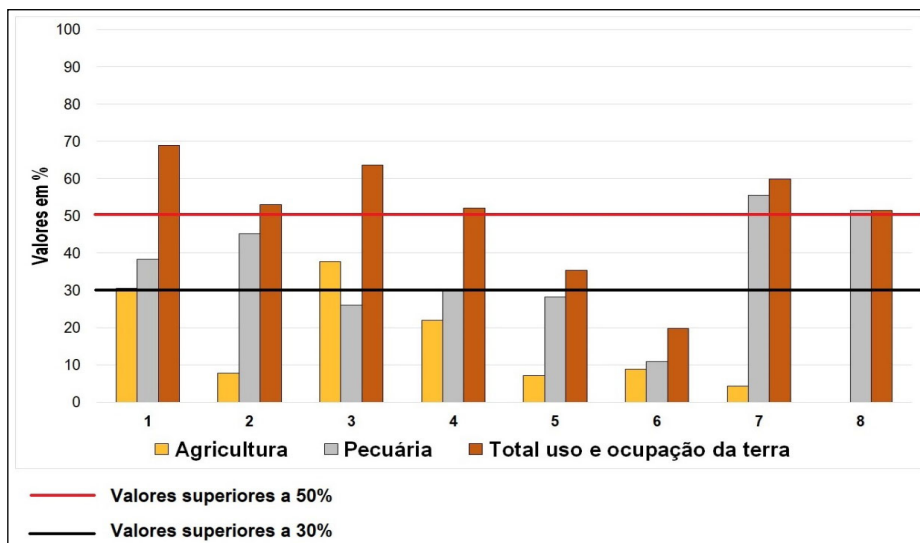
Elaboração: LEANDRO, Gustavo Roberto dos Santos (2019).

Figura 3. Síntese das principais intervenções na bacia hidrográfica do rio Sepotuba, Alto Paraguai – Mato Grosso.

A Figura 4 apresenta as mudanças na paisagem a partir do agrupamento das principais atividades por sub-bacia hidrográfica do rio Sepotuba. No ano de 2016, a ocupação em área pelos setores agropecuários ultrapassou o percentual de 50% em seis das oito unidades. Em outras palavras, quase 70% da área total da bacia hidrográfica

do rio Sepotuba, atualmente, encontra-se com intensa ocupação pelo setor agropecuário, com impactos diretos no solo e na água (erosão, barramentos e assoreamento de canal).

Nas Unidades 1 e 3, ocorreram os maiores acúmulos de ocupação, seguido das Unidades 7 e 2 (variação entre 50-70%). Desse modo, as unidades 1, 2 e 7 são predominantemente utilizadas pelo setor pecuarista, com 38,41%, 45,24% e 55,57%; enquanto que a Unidade 3, para a produção agrícola, com 37,73%. Ademais, é preciso observar o acumulado na Unidade 8, Interbacia do rio Sepotuba, onde mais de 50% de sua área é ocupada por pastagens, associado às grandes propriedades pecuaristas, com 51,51% (Figuras 4 e 5).



Organização: LEANDRO, Gustavo Roberto dos Santos (2019). Fonte: Dados de gabinete (2018).

Figura 4. Área em porcentagem ocupada pelas principais atividades econômicas no ano base de 2016. 1 – Nascentes do Sepotuba; 2 – Rio Sepotubinha; 3 – Médio Sepotuba; 4 – Rio do Sapo; 5 – Rio Formoso; 6 – Rio Juba; 7 – Rio Tarumã e 8 – Interbacia do Sepotuba.



Foto: LEANDRO, Gustavo Roberto dos Santos (2020).

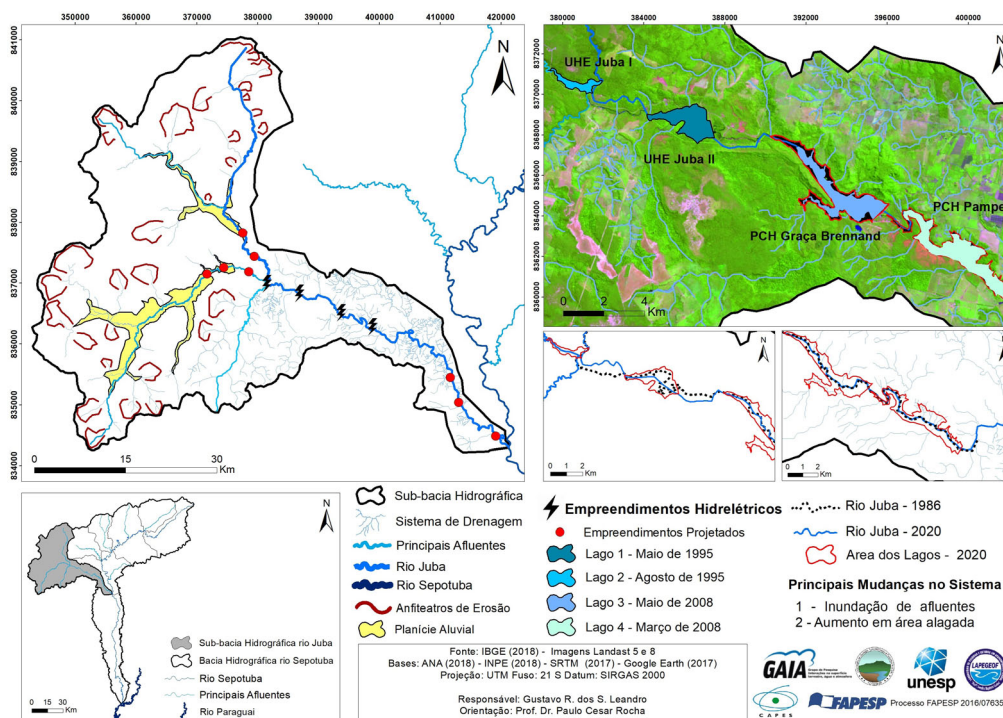
Figura 5. Transição entre as áreas de pastagem no segundo plano e a planície de inundação do rio Sepotuba.

Contribui para a discussão o fato de que as sub-bacias hidrográficas dos rios Formoso e Juba possuem 711,47 km² e 2.278,64 km², respectivamente, correspondente a 30,18% da área total da bacia hidrográfica do rio Sepotuba. Além disso, ambas apresentaram os menores percentuais de uso e ocupação pelo setor agropecuário, com 35,42% e 19,75%, respectivamente. É importante salientar, ainda, o papel do Turismo, setor pouco abordado, mas que tem sido fundamental para a conservação ambiental na região, principalmente em trechos com quedas d'água, como no rio Formoso, no município de Tangará da Serra, estado de Mato Grosso. Contudo, as atividades turísticas de aventura e recreação têm como contraponto os empreendimentos hidrelétricos instalados, previstas para as quedas d'água presentes no rio Sepotuba e nos rios Formoso e Juba (ver Figura 3).

Outro mecanismo que contribui para a conservação ambiental da sub-bacia hidrográfica do rio Formoso, Unidade 5, foi a demarcação da Terra Indígena Paresí⁴ que, por sua vez, se estende à sub-bacia hidrográfica do rio Juba, Unidade 6. A área delimitada coincide com o mapeamento das classes de vegetação realizada por Leandro e Rocha (2019) para o ano de 2016. Assim, a cobertura nativa presente nas respectivas sub-bacias hidrográficas se sobrepõe à área da terra indígena, que possui apenas 189,79 km², ou seja, 1,93% da área total da bacia hidrográfica do rio Sepotuba. Cabe salientar que seus limites margeiam o rio Juba, bem como as áreas de nascente do rio Formoso e que, portanto, desempenha papel fundamental para a preservação e conservação de importantes ambientes fluviais – nascentes e zona ripária –, bem como para a manutenção do próprio Complexo Hidrelétrico do rio Juba.

No caso específico do rio Juba, sua sub-bacia hidrográfica já vem sendo motivo de estudo para o setor hidrelétrico há anos nessa região, sendo que os levantamentos mais antigos que se tem conhecimento foram os realizados para a implantação das Usinas Hidrelétricas (UHE) Juba I e Juba II no ano de 1989 (Figura 6). Os projetos foram aprovados conforme Portaria 264 de 09 de dezembro de 1991, encontrando-se hoje em operação comercial (CTE, 2014). Desse modo, as obras foram iniciadas na segunda metade dos anos de 1990, quando, por imagens de satélite, obteve-se a cronologia dos empreendimentos (Figura 6). Um dos primeiros registros remotos é de maio de 1995, quando da formação do primeiro lago, com 2,944 km². Pouco tempo depois, formou-se o segundo lago, em agosto de 1995, com 0,834 km² (UHE Juba I e UHE Juba II).

Após uma década de funcionamento dos dois primeiros empreendimentos hidrelétricos, deu-se início à construção de mais dois barramentos (Pequena Central Hidrelétrica (PCH) Graça Brennand, com 3,637 km² e PCH Pompea, inicialmente com 4,561 km²). Em maio de 2008, o terceiro lago foi formado (13 anos após a formação do segundo lago). Já o quarto e último lago foi formado em março de 2009 (PCH Pompea). Após concluída, a área dos lagos dos dois empreendimentos a jusante (8,198 km²) ultrapassou em 60,62% as áreas dos lagos a montante (3,228 km²) construídos nos anos de 1990, mesmo sob a classificação de PCH. Cabe destacar, ainda, o aumento em área nos últimos empreendimentos construídos. No ano de 2020, a lâmina d'água da PCH Graça Brennand atingiu 5,805 km², com aumento de 37,34% quando comparada à área de formação; enquanto que a lâmina d'água da PCH Pompea, com 5,255 km² em 2020, apresentou aumento de 13,20% (Figura 6).



Organização: LEANDRO, Gustavo Roberto dos Santos (2020).

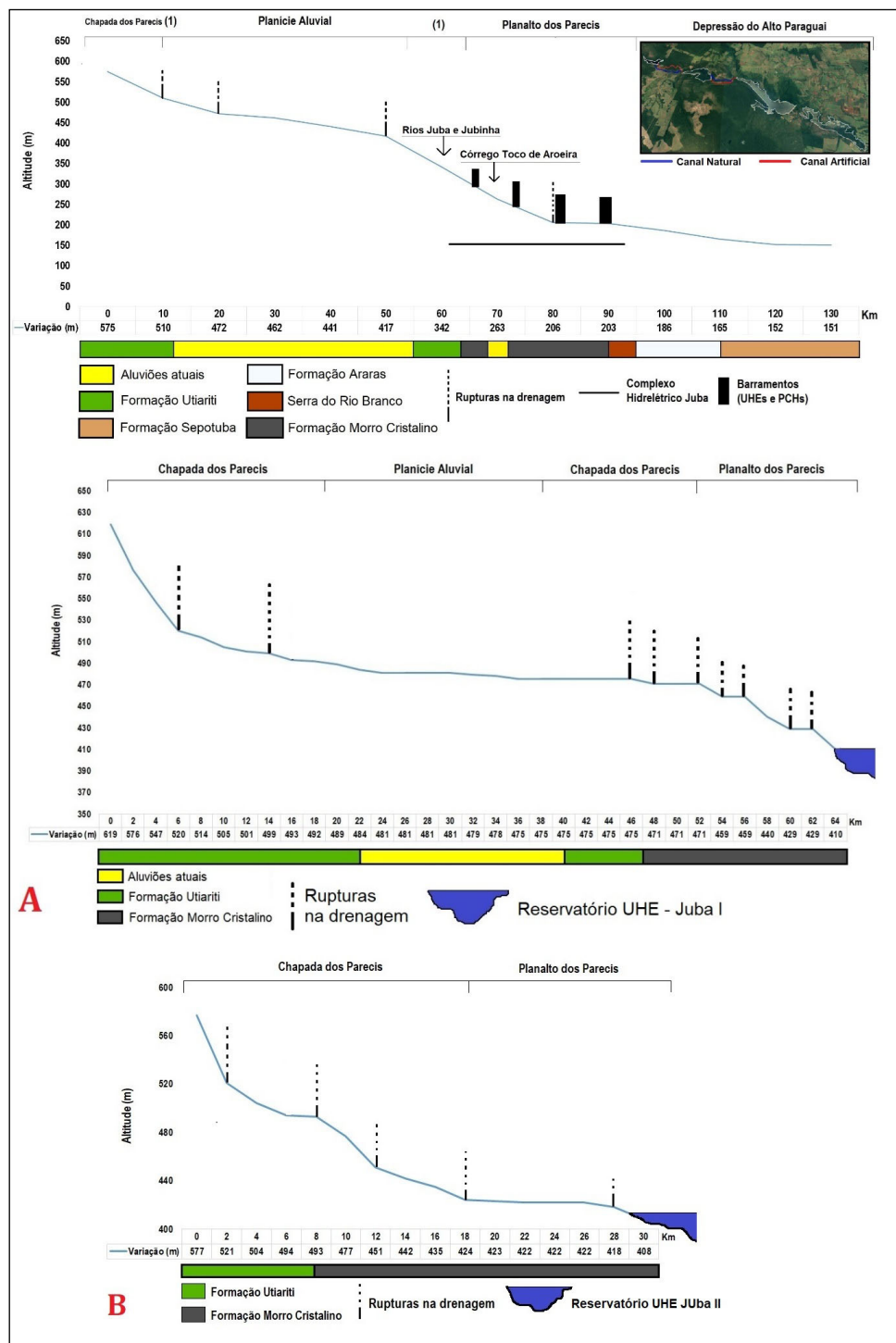
Figura 6. Arranjos espaciais e apropriação do relevo no sistema ambiental do rio Juba, estado de Mato Grosso.

Conforme salientam Tucci e Clarck (1997), os processos hidrológicos na bacia hidrográfica possuem duas direções predominantes de fluxo: vertical e longitudinal. O vertical é representado pelos processos de precipitação e evapotranspiração, o que denota a importância da distribuição espaço-temporal das chuvas e da cobertura vegetal. O longitudinal refere-se ao escoamento na direção dos gradientes da superfície (escoamento superficial e rios) e do subsolo (escoamento subterrâneo) que, nesse caso em específico, é controlado pelas grandes barragens. Dessa forma, torna-se fundamental acrescentar o déficit hídrico que ocorre na região em se tratando do aumento da demanda hídrica.

Portanto, a conservação da cobertura nativa na sub-bacia hidrográfica do rio Juba se contrapõe ao Complexo Hidrelétrico de mesmo nome. Isso ocorre porque se trata de um sistema que retém e controla a água que escoar na maior das sub-bacias hidrográficas do rio Sepotuba, com 2.278,64 km², ou seja 23% da área total de 9.904,9 km². O rio Jubinha, após a construção das barragens, passa a desaguar diretamente no lago da UHE Juba I, e o Córrego Toco de Aroeira desagua no trecho do canal natural a jusante (4 km a montante da barragem UHE Juba II). Dessa forma, o Complexo Juba controla não apenas o canal principal da sub-bacia hidrográfica, Unidade 6, mas também seus afluentes pela margem direita (Figura 7).

Consequentemente, as principais alterações no sistema rio-planície do rio Juba incluem a transposição de água em dois trechos com a construção de canais artificiais (7 km), assim como o alagamento de novas áreas, anteriormente não inundadas, no entorno dos lagos e baixo curso de afluentes de primeira a terceira ordem (Figura 7). Sendo assim, as características geológico-geomorfológicas presentes na sub-bacia hidrográfica do rio Juba corroboram para a identificação dos diferentes padrões de drenagem, bem como para o arranjo do Complexo Hidrelétrico Juba. Isso decorre do fato de que os lagos formados com a construção das

barragens foram projetados sob as rochas metamorizadas da Formação Morro Cristalino, sendo delineadas pelas formas de relevo. Nesse segmento, observa-se o controle estrutural na área entre os lagos da UHE Juba II e PCH Graça Brennand (ver Figura 6).



Elaboração: LEANDRO, Gustavo Roberto dos Santos (2019).

Figura 7. Principais tributários do rio Juba que contribuem para o Complexo Hidrelétrico a) rio Juba II e b) rio Toco de Aroeira.

Deve-se considerar, ainda, as formações geológicas e associações de solos presentes nos sistemas tributários represados. Os rios Jubinha e Juba drenam importantes trechos em Planície Aluvial, com 87,644 km² e 30,229 km², respectivamente (ver Figura 7). Essa formação é constituída por sedimentos atuais, havendo em sua área de drenagem predominância de Neossolos Quartzarênicos associados a Gleissolos. Já o córrego Toco de Aroeira percorre trechos encaixados da Formação Morro Cristalino, constituída por rochas sedimentares clásticas metamorfizadas e conglomerados (ver Figura 7).

Por sua vez, a Formação Utiriti compreende a unidade superior do Grupo Parecis e sustenta um relevo de escarpas que constituem a Chapada dos Parecis. Sua litologia se estende por toda a cabeceira de drenagem do rio Sepotuba e afluentes, corroborando para a formação dos anfiteatros de erosão presentes nesse compartimento do relevo, pois sua estratigrafia é composta de sedimentos arenosos de granulometria fina a média, com raros níveis conglomerados. Desse modo, os materiais provenientes dos processos erosivos constituem os Aluviões atuais presentes nos sistemas rio-planície dos rios Juba e Jubinha (ver Figura 7).

Nesse contexto, os empreendimentos recebem não apenas a água que mantém o sistema hidrelétrico em funcionamento. No que se refere ao transporte de sedimentos, os rios que constituem a sub-bacia hidrográfica do rio Juba exercem importante papel. Segundo Cunha (2001a), em uma bacia hidrográfica, as características de tipologia de leito, tipologia dos canais e tipologia de padrões de drenagem em conjunto promovem uma dinâmica peculiar das águas correntes, a qual, associada a uma geometria e hidráulica, culmina em processos fluviais específicos.

Ainda de acordo com Cunha (2001a), quando ocorre uma intervenção humana de grande intensidade, como é o caso das construções de grandes barragens, há o rompimento do equilíbrio longitudinal do rio. Praticamente todo o barramento do canal fluvial interfere em seu sistema lótico (correntezas), passando a ser um sistema com características lênticas (ou de águas semi-paradas) no reservatório. Esse tipo de interferência gera uma série de efeitos em cadeia, os quais, dependendo da magnitude e área de abrangência, podem ser irreparáveis. Dessa forma, a conectividade é comprometida, sendo bem expressa pelo balanço entre matéria e energia (ROCHA, 2011).

Portanto, é de fundamental importância considerar que os rios pertencentes à sub-bacia hidrográfica do rio Juba têm sido utilizados como recurso hidrelétrico há pelo menos duas décadas. Os afluentes desaguam no chamado Complexo Juba, constituído pelas duas Usinas Hidrelétricas e duas Pequenas Centrais Hidrelétricas. Nesse sistema, ainda estão previstos novos barramentos, em diferentes fases, que ampliarão os efeitos e impactos no rio Juba (COELHO, 2008; CUNHA, 2011; SOUZA FILHO, 2013) e, conseqüentemente, no rio Sepotuba, uma vez que o rio Juba é o último afluente a desaguar no rio Sepotuba (Unidade 8 – Interbacia do rio Sepotuba).

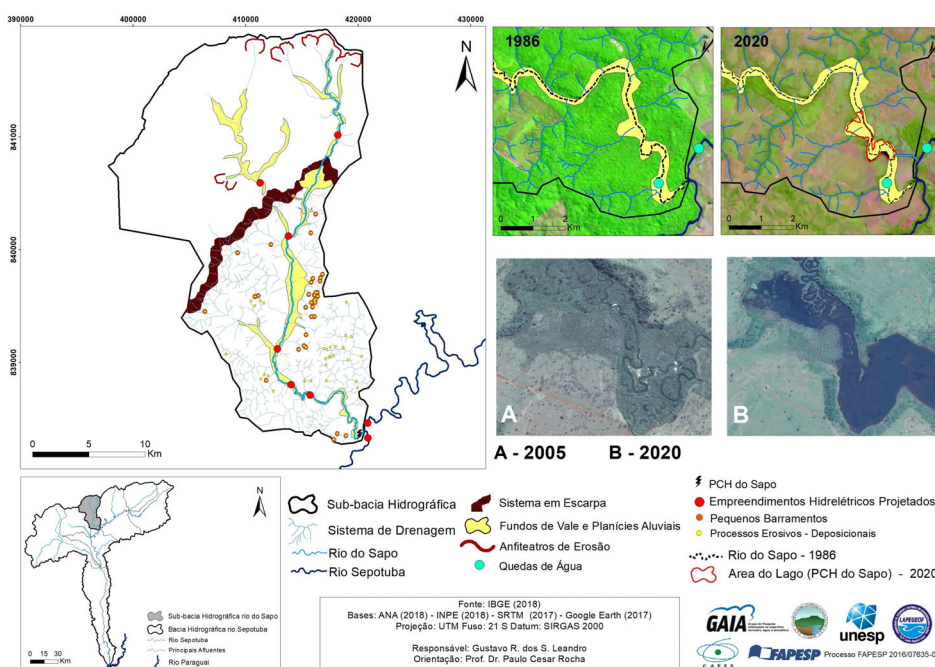
Em contraponto ao rio Juba, a área de drenagem do rio do Sapo, com 547,39 Km², é a menor das sub-bacias hidrográficas do rio Sepotuba, correspondendo a 5,56%. Contudo, suas características físico-ambientais associadas à apropriação do relevo com as práticas agrícolas e pecuárias resultam em impactos ambientais de extrema relevância e que colocam em destaque sua contribuição para a bacia hidrográfica do rio Sepotuba.

Em setores ao norte da sub-bacia hidrográfica do Sapo, ocorrem anfiteatros erosivos de cabeceiras de drenagem, formas de relevo características em todo o alto curso, com ocorrência de Plintossolos Pétricos. Desse modo, com sérias restrições ao uso agrícola devido às suas características pedogenéticas, tais condições dificultam o enraizamento das plantas e são um entrave ao uso de equipamentos agrícolas, com pouco volume de solo disponível para as plantas. Contudo, tais características não impediram o avanço das monoculturas. Como

resultado, observa-se a degradação do solo com a formação de voçorocas. Delineando as morfoesculturas presentes na Bacia Sedimentar do Parecis (morfoestrutura), as escarpas, cujos paredões são constituídos de rochas areníticas do Grupo Parecis, apresentam-se verticalizadas a subverticalizadas. Demarcam, ainda, o alto e médio curso do rio do Sapo, associado às rampas coluvionadas também formadas por solos arenosos (FARIA, 2012).

Verificou-se, também, a sobreposição entre intervenções nos canais fluviais, processos geomorfológicos e formas de relevo. Ademais, em vários pontos onde ocorreram processos erosivos, constatou-se a construção de pequenos barramentos, prática adotada em toda a bacia hidrográfica do rio Sepotuba. Como consequência, em vários desses pontos, observou-se a deposição de sedimentos com o assoreamento do próprio canal (Figura 8).

Sobre a apropriação do relevo, ficaram evidentes os impactos negativos associados às práticas agropecuárias, bem como os processos geomorfológicos potencializados que se estendem sobre os canais fluviais. Cabe mencionar, ainda, a projeção de mais cinco empreendimentos hidrelétricos – PCHs – para o rio do Sapo. As barragens, caso sejam construídas, poderão interromper não apenas o fluxo de água, como também reter os sedimentos presentes no sistema aluvial do rio do Sapo, que possui 39,595 km², ou seja, 7,23% da área total da sub-bacia hidrográfica (Figura 8).

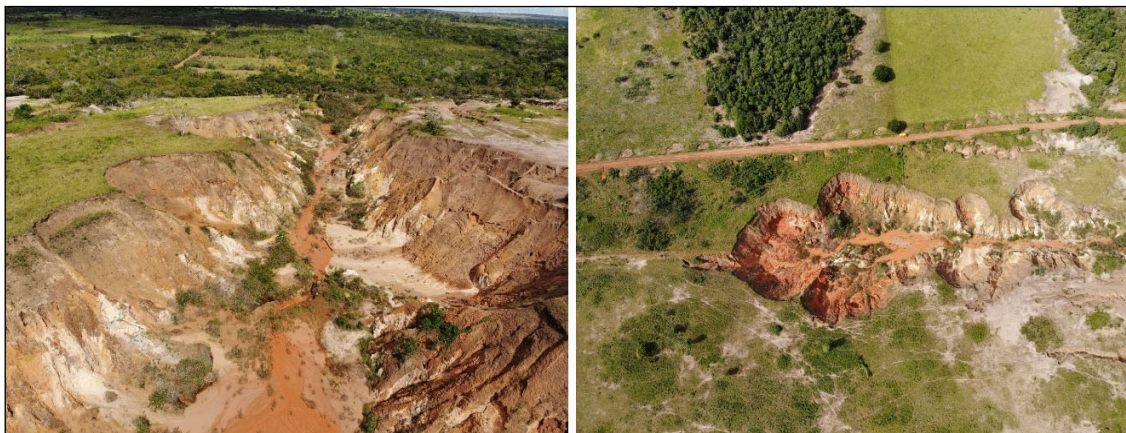


Organização: LEANDRO, Gustavo Roberto dos Santos (2020).

Figura 8. Processos e formas geomorfológicas na sub-bacia hidrográfica do rio do Sapo com intervenções diretas nos canais fluviais.

Conforme salienta Faria (2012), 76% da área do afluente é constituída por Neossolo Quartzarênico, e as feições erosivas lineares se sobrepõem a essas coberturas pedológicas (Figura 9). A ocorrência de Neossolo Quartzarênico Hidromórfico no Planalto Dissecado dos Parecis ocupa trechos de fundos de vales, principalmente em regiões de cabeceira de drenagem que, em muitas das vezes, já se apresentam descaracterizadas devido a assoreamentos. Cabe salientar que o acumulado das áreas ocupadas para o ano de 2016

ultrapassou os 50%, predominando a pecuária no Planalto dos Parecis, com 30%, e monoculturas na Chapa das Parecis, com pouco mais de 22%.



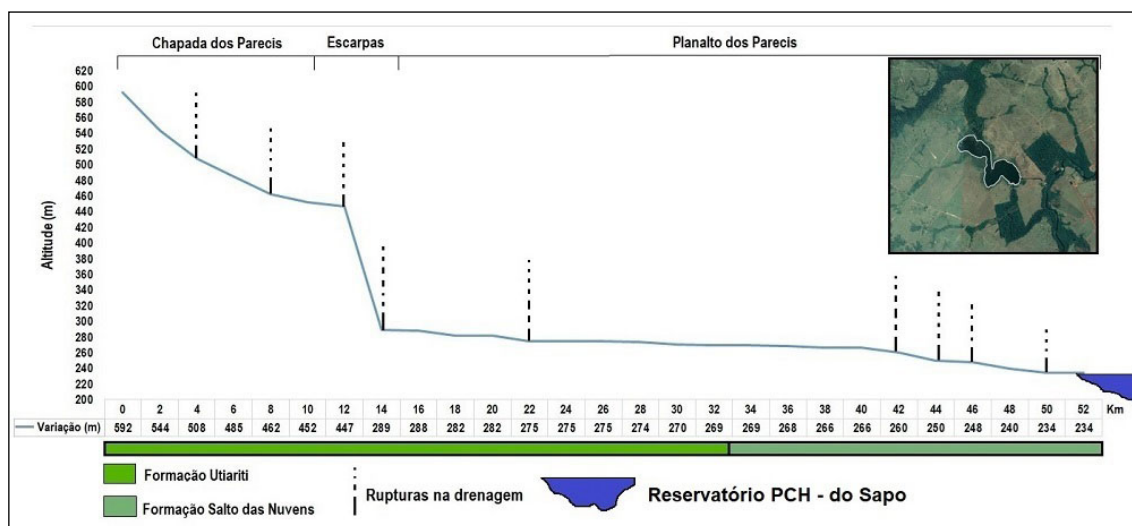
Fotos: Josiel Dorriguette de Oliveira (2018).

Figura 9. Processos erosivos em área de pastagem identificados por sobrevoo na região.

Soma-se a todos os processos socioambientais desenvolvidos na sub-bacia hidrográfica a construção da primeira PCH no baixo curso do rio do Sapo (Unidade 4) fora do Complexo Juba (Unidade 6). As obras foram iniciadas em julho de 2015, e em setembro do mesmo ano o lago foi formado. Tal fato traz importantes questões sobre as relações do uso e ocupação da terra com os aspectos morfológicos de seu sistema rio-planície de inundação.

Considerando que sua sub-bacia hidrográfica tem recebido grande carga de sedimentos (que precisa ser mensurada) produzida pelo aumento dos processos erosivos mencionados anteriormente, torna-se preocupante a instalação da PCH do Sapo (assoreamento do próprio reservatório), bem como de novos empreendimentos (CUNHA, 2001b; COELHO, 2008). Ademais, há o fato de que seu sistema possui extensas áreas de solos arenosos e as características do canal com padrão meandrante associadas aos vales aluviais.

O processo de assoreamento pode atingir não apenas o reservatório, como também a desembocadura de afluentes e suas planícies de inundação (Figura 10). O alagamento de outras áreas antes não alagadas e a formação de novas áreas de inundação com impactos ambientais e econômicos que precisam ser dimensionados surgem como consequência (CUNHA, 2001b). Tais processos foram identificados em grandes sistemas, como os rios Paraná e Paranapanema, e em seus afluentes, como os rios Aguapeí e Peixe (ROCHA, 2009; MORAIS, 2015). Portanto, os processos geomorfológicos têm sido intensificados, e as mudanças em sua dinâmica estão diretamente relacionadas à degradação do solo e às intervenções nos canais fluviais.



Elaboração: LEANDRO, Gustavo Roberto dos Santos (2019).

Figura 10. Perfil longitudinal do rio do Sapo (Unidade 4) com destaque para os compartimentos geomorfológicos e para a litologia.

No estado de Mato Grosso, os impactos promovidos pelas fases de grandes empreendimentos hidrelétricos ainda são pouco conhecidos, sobretudo em afluentes de menor porte quanto às suas características físicas (morfoestrutura, morfoescultura; processos de aplanamento e dissecação e feições morfológicas; sistema em escarpa, e quedas d'água). Isso aponta para a necessidade de estudos prévios à instalação de obras dessa magnitude, independentemente do modelo – PCH ou UHE.

Em um dos poucos estudos relacionados à questão hidrelétrica e hidromorfologia, Ritela (2014) relatou importantes mudanças no rio Jauru, afluente vizinho ao rio Sepotuba. Ao analisar as interações entre os usos da terra e os empreendimentos hidrelétricos, concluiu que ocorre a intensificação da pecuária no entorno dos reservatórios, sobretudo com o avanço das pastagens e a diminuição das áreas nativas, além dos impactos promovidos pelo controle da vazão em um sistema cascata semelhante ao do Complexo Juba. O autor ressaltou, ainda, alterações no aporte de sedimentos – consequência também relatada por Souza Filho (2013) – no que se refere aos impactos dos barramentos na bacia hidrográfica do Alto rio Paraguai.

Nesse contexto, cabe reiterar que as cabeceiras de drenagem do rio Sepotuba encontram-se nos limites entre a Chapada e o Planalto dos Parecis, onde nascem alguns dos principais afluentes, a saber, os rios Sepotubinha, Maracanã, Sapo, Formoso, Jubinha, Juba e Toco de Aroeira. Essas áreas se destacam pela forte pressão das monoculturas e pelos processos erosivos que podem ser potencializados conforme o uso e ocupação da terra instalados – visto que a retirada da cobertura vegetal expõe o solo – e as feições potencialmente erosivas (áreas em anfiteatro e sistema de escarpa).

É evidente que os rios mato-grossenses se tornaram atrativos para o capital nacional e internacional que veem neles uma oportunidade de negócio extremamente lucrativo e de “baixa degradação”, quando, na verdade, trata-se de uma estratégia de utilização exacerbada dos recursos naturais, sem deixar alerta para a questão ambiental (RITELA, 2014). De acordo com Ritela (2014), no rio Jauru, afluente do rio Paraguai, assim como no rio Sepotuba, verificam-se importantes mudanças de ordem geomorfológica

e hidrossedimentológica. Desse modo, considerar e realizar estudos prévios sobre a dinâmica e interações hidromorfodinâmicas dos afluentes do rio Paraguai é fundamental e necessário. Segundo Ritela (2014):

A expansão das PCHs foi uma forma de mitigação dos impactos destas centrais hidrelétricas, tendo em vista a grande estrutura demandada para sua construção com alterações na dinâmica ambiental local. Assim, as Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCHs constituem novo potencial de geração de energia, pois carrega o título de “produção limpa de energia” (RITELA, 2014, p. 63).”

Nesse contexto, para o rio Maracanã (Unidade 3 – Médio Sepotuba) foi projetada uma PCH. Para o rio do Sapo, foram realizados levantamentos para seis outras PCHs, também quatro PCHs para o rio Formoso, e mais seis PCHs e duas UHEs para o rio Juba, sendo três empreendimentos a jusante do Complexo em operação e cinco a montante. Além disso, projetou-se uma sequência de quatro PCHs no próprio rio Sepotuba, sendo uma a montante da foz do rio do Sapo (Salto das Nuvens), na Unidade 3; e três empreendimentos a jusante, na Unidade 7, sendo um deles projeto para o Salto Maciel – importante atrativo turístico (CTE, 2014).

Independentemente do modelo adotado para a construção dos barramentos, é fato que gerarão mudanças na dinâmica do sistema hidrográfico, sendo bem expressas nos canais fluviais, conforme observado no rio Juba e seus afluentes. Além disso, precisam ser considerados os conflitos de uso, claramente existentes na região, de acordo com o que foi verificado na bacia hidrográfica do rio Sepotuba.

Os usos agropecuários, quando de forma desordenada, geram impactos diretos nos canais fluviais, conforme discutido. Como consequência, os próprios reservatórios poderão ser comprometidos na medida em que houver aumento no aporte de sedimentos. Sendo assim, é imprescindível a recuperação e a manutenção da cobertura vegetal em todas as sub-bacias hidrográficas e ao longo do próprio rio Sepotuba – sobretudo pelo importante papel que esta desempenha na conservação dos canais fluviais – bem como de recursos hídricos (irrigação, dessedentação animal e produção hidroelétrica).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As intervenções nos canais fluviais ao longo dos afluentes do rio Sepotuba resultam em impactos diretos a jusante, principalmente pelo controle do fluxo da água. A sub-bacia com maior alteração hidrológica é a do rio Juba, com barramentos instalados – Complexo Juba. Nos demais afluentes, como nos rios do Sapo e Maracanã, foram identificadas obras em andamento, (Unidades 3 e 4). Nas demais unidades (sub-bacias hidrográficas), há propostas de empreendimentos, principalmente na modalidade de pequenas centrais hidrelétricas – PCHs.

Como consequência, os usos da terra têm contribuído para a ocorrência de processos erosivos com a formação de voçorocas. As feições erosivas encontram-se em áreas de nascentes e ao longo dos canais fluviais, principalmente de primeira ordem. Ainda associados aos processos geomorfológicos, foram identificados trechos com a deposição de sedimentos – assoreamento do canal. Contudo, em algumas áreas, houve a regeneração da cobertura vegetal de forma natural ou conduzida (recuperação).

Portanto, destaca-se aqui a importância de estudos prévios para a instalação de novos empreendimentos hidrelétricos na bacia hidrográfica do rio Sepotuba, bem como

para intervenções no sistema de drenagem associadas à agropecuária, sobretudo pela fragilidade dos solos aos processos erosivos e pelas mudanças na dinâmica hidrológica em decorrência do uso dos recursos hídricos.

NOTA

4 A Terra Indígena encontra-se regularizada, sendo tradicionalmente ocupada pela etnia Paresí. Está inserida no município de Tangará da Serra, Coordenadoria Regional de Cuiabá.

REFERÊNCIAS

- ABDON, M. M.; SILVA, J. S. V.; SOUZA, I. M.; ROMON, V. T.; TAMPAZZO, J.; FERRARI, D. L. Desmatamento no bioma Pantanal até o ano 2002: relações com a fitofisionomia e limites municipais. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 1, n. 59, p. 17-24, 2007.
- BRACKEN, L. J.; CROKE, J. The concept of hydrological connectivity and its contribution to understanding runoff-dominated geomorphic systems. **Hydrol. Process**, n. 21, p. 1749-1763, 2007.
- CARVALHO, R. G. As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**. v. esp., n. 36, p. 36-43, 2014.
- CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo: Contexto, 1991. 147 p.
- COELHO, A. L. N. Geomorfologia fluvial de rios impactados por barragens. *Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v. 09, n. 26, p. 16-32, 2008.
- CTE. Centro Tecnológico de Engenharia. **Estudo de impacto ambiental do complexo hidrelétrico Juba**. Goiânia, GO: CTE, 2014. 98 p.
- CUNHA, S. B. Bacias hidrográficas. In: CUNHA, S. B. GUERRA, A. J. T. (orgs.). **Geomorfologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001b. p. 229-271.
- CUNHA, S. B. Canais fluviais e a questão ambiental. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (orgs.). **A questão ambiental: diferentes abordagens**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 2010. p. 219-237.
- CUNHA, S. B. Degradação ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (orgs.). **Geomorfologia e meio ambiente**. 10. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 337-379.
- CUNHA, S. B. Geomorfologia fluvial. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (orgs.). **Geomorfologia: uma base de atualização e conceitos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001a. p. 211-252.
- DALLACORT, R.; MARTINS, J. A.; INOUE, M. H.; FREITAS, P. S. L.; COLETTI, A. J. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do Estado de Mato Grosso, Brasil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 193-200, 2011.
- FARIA, A. P. As consequências da erosão em microbacias sobre os canais efêmeros, intermitentes e perenes. **Cadernos de Geociências**, v. 11 p. 67-83. 1994.
- FARIA, A. P.; MARQUES, J. S. Evolução de canais de primeira ordem por diferentes processos erosivos. **Revista da Pós-Graduação em Geografia UFRJ**, v. 2, p. 96-105, 1998.
- FARIA, T. O. Estudo dos processos erosivos com aplicação de abordagem morfopedológica na sub-bacia do rio do Sapo, sudoeste de Mato Grosso. 2012. 164 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, Cuiabá – MT, 2012.
- LEANDRO, G. R. S.; ROCHA, P. C. Expansão agropecuária e degradação ambiental na bacia hidrográfica do rio Sepotuba - Alto Paraguai, Mato Grosso – Brasil. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, MG, v. 31, p. 1-21, 2019.

- MIRANDA, M. R. S.; NEVES, L. F. S.; KREITOW, J. P.; NEVES, S. M. A. S.; NEVES, R. J. Distribuição de queimadas e mudanças na cobertura vegetal e uso da terra no bioma Pantanal, Cáceres-Brasil. *Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v. 19, n. 65, p. 91-108, 2018.
- MIRANDOLA-AVELINO, P. H. **Análise Geo-ambiental multitemporal para fins de planejamento ambiental: um exemplo aplicado a bacia hidrográfica do rio Cabaçal, Mato Grosso - Brasil**. 2006. 323 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Rio de Janeiro, 2006.
- MORAIS, E. S. **Formas, processos e evolução no padrão de canal meandrante em diferentes escalas geomorfológicas: o rio do Peixe, SP**. 2015. 212 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia - FCT, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Presidente Prudente – SP, 2015.
- PESSOA, S. P. M.; GALVANIN, E. A. S.; KREITLOW, J. P.; NEVES, S. M. A. S.; NUNES, J. R. S.; ZAGO, B. W. Análise espaço-temporal da cobertura vegetal e uso da terra na interbacia do rio Paraguai médio - MT, Brasil. *Revista Árvore*. v. 37, n. 1, p. 119-128, 2013.
- RITELA, A. Empreendimentos para a produção de energia: efeitos geomorfológicos e hidrossedimentológicos no Alto Jauru - MT. 2014. 203 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense - UFF, Niterói, 2014.
- ROCHA, P. C. Indicadores de alteração hidrológica no alto rio Paraná: intervenções. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 22, n. 1, p. 205-225, 2010.
- ROCHA, P. C. Os processos geomórficos e o estado de equilíbrio fluvial no alto rio Paraná, centro sul do Brasil. **Geosul**, v. 24, n. 48, p. 154-176, 2009.
- ROCHA, P. C. Sistemas rio-planície de inundação: geomorfologia e conectividade hidrodinâmica. *Caderno Prudentino de Geografia*, Presidente Prudente, v. 1, n. 33, p. 50-67, 2011.
- SCHUMM, S. A. **The fluvial system**. Wiley, Chishester, 1977.
- SILVA, C. J. SOUSA, K. N. S.; IKEDA-CASTRILLON, S. K.; LOPES, C. R. A. S.; NUNES, J. R. S.; CARNIELLO, M. A.; MARIOTTI, P. R.; LAZARO, W. L.; MORINI, A.; ZAGO, B. W.; FAÇANHA, C. L.; ALBERNAZ-SILVEIRA, R.; LOUREIRO, E.; VIANA, I. G.; OLIVEIRA, R. F.; CRUZ, W. J. A.; ARRUDA, J. C.; SANDER, N. L.; FREITAS JUNIOR, D. S.; PINTO, V. R.; LIMA, A. C.; JONGMAN, R. H. G. Biodiversity and its drivers and pressures of change in the wetlands of the Upper Paraguay–Guapore Ecotone, Mato Grosso (Brazil). **Land Use Policy**, n. 47, p. 163-178, 2015.
- SILVA, J. S. V.; ABDON, M. M.; SILVA, S. M. A.; MORAES, J. A. Evolution of deforestation in the brazilian Pantanal and surroundings in the timeframe 1976 – 2008. *Geografia*, Rio Claro, v. 36, n. esp., p. 35-55, 2011.
- SOUZA FILHO, E. E. As barragens na bacia do rio Paraguai e a possível influência sobre a descarga fluvial e o transporte de sedimentos. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 31, n. 1, p. 117-133, 2013.
- SOUZA, C. A. **Dinâmica do corredor fluvial do rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da ilha de Taiamã-MT**. 2004. 173 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Rio de Janeiro, 2004.
- SOUZA, J. O. P. Dos sistemas ambientais ao sistema fluvial - uma revisão de conceitos. *Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v. 14, n. 46, p. 224-233, 2013.
- TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: Revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 2, p. 135-152, 1997.
- TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. 2. ed. São Paulo: RIMA, 2005.
- VALEZIO, E. V.; PEREZ FILHO, A. Dinâmica antrópica no canal fluvial do córrego Tucum - São Pedro, São Paulo (Brasil). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 16, n. 4, p. 546-557, 2015.