

Diagnóstico e controle das áreas de risco a desbarrancamentos das margens do Rio Coxipó no perímetro urbano de Cuiabá, Mato Grosso

Juliane Soares de Avila¹, Renato Blat Migliorini²,
Fernando Ximenes de Tavares Salomão², Rejane Suellen
da Silva Duarte³ e Rildo Oliveira Marques⁴

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso. Av. Sen. Filinto Müller, 953. Quilombo. Cuiabá-MT, Brasil (CEP 78043-400). E-mail: juliane.avilaa@gmail.com.

²Universidade Federal de Mato Grosso. Departamento de Geologia Geral. Av. Fernando Corrêa da Costa, 2.367, Sala 108. Boa Esperança. Cuiabá-MT, Brasil (CEP 78060-900).

³Ministério Público do Estado de Mato Grosso. Projeto Água Para o Futuro. Av. Desembargador Milton Figueiredo Ferreira Mendes, S/Nº, Setor "D". Centro Político Administrativo. Cuiabá-MT, Brasil (CEP 78049-928).

⁴Núcleo de Estudos Territoriais da Amazônia (NETAM/UEA). Rede Pública Estadual de Ensino do Amazonas (SEDUC/AM). Rua Cel. Domingos Dutra, 225. Centro. Barreirinha-AM, Brasil (CEP 69160-000).

Resumo. O objetivo do trabalho foi diagnosticar os processos erosivos e de desbarrancamentos observados às margens do Rio Coxipó, no Município de Cuiabá, Estado do Mato Grosso, Brasil. O método baseou-se no mapeamento e a caracterização de três tipos de riscos manifestados às margens do rio. Sugestões foram propostas para medidas preventivas, corretivas, e de recuperação na bacia. As áreas apresentaram intensos processos de erosão e de desbarrancamento decorrentes da interferência antrópica que favoreceu a mudança da morfodinâmica do rio. Para prevenção dos impactos, medidas corretivas sugerem estruturas de gabião do tipo espigão em margens côncavas, plantio vegetação com anteparos de madeira em margens convexas e retílineas. Já para medida preventiva, realizar o cumprimento da legislação às áreas de preservação permanente (APP) em conformidade com o Novíssimo Código Florestal, apoiada pela Lei de Ocupação e Uso do Solo do Município de Cuiabá, mediante a elaboração de plano de recuperação de área degradada (PRAD), conforme a legislação ambiental brasileira.

Palavras-chave: Planejamento territorial; Rios urbanos; Geomorfologia fluvial; Geoprocessamento.

Abstract. *Diagnosis and control of the risk areas to landslides on the banks of the River Coxipó in the urban perimeter of*

Recebido
27/04/2022

Aceito
20/06/2022

Disponível *on line*
05/07/2022

Publicado
31/08/2022



Acesso aberto



Cuiabá, State of Mato Grosso. The objective of the work was to diagnose the erosive processes and landslides observed along the banks of the River Coxipó, in the Municipality of Cuiabá, State of Mato Grosso, Brazil. The method was based on the mapping and characterization of three types of risks manifested on the banks of the river. Suggestions were proposed for preventive, corrective, and recovery measures for the basin. The areas presented intense processes of erosion and landslides resulting from anthropic interference that favored a change in the morphodynamics of the river. For the prevention of impacts, corrective measures suggest gabion structures of the spigot type on concave banks, planting vegetation with wooden bulkheads on convex and straight banks. As a preventive measure, comply with the legislation for permanent preservation areas (PPA) in accordance with the New Forestry Code, supported by the Law of Occupation and Land Use of the Municipality of Cuiabá, by preparing a plan for the recovery of degraded areas (PRDA), according to Brazilian environmental legislation.

Keywords: Land planning; Urban rivers; Fluvial geomorphology; Geoprocessing.

ORCID

- 0000-0002-6231-6698
Juliane Soares de Avila
- 0000-0003-1052-1267
Renato Blat Migliorini
- 0000-0003-2356-6843
Fernando Ximenes de
Tavares Salomão
- 0000-0001-7937-503X
Rejane Suellen da Silva
Duarte
- 0000-0003-3034-056X
Rildo Oliveira Marques

Introdução

Os corpos de águas continentais apresentam constantes transformações que envolve diversas alterações na sua dinâmica, as quais ocorrem por meio da produção de sedimento, o seu transporte e a sua deposição no leito do rio (Christofolletti, 1981; Bigarella et al., 1994).

Dentre os diversos processos naturais e antrópicos que atuam no ambiente fluvial, destaca-se a erosão das margens dos rios, processo dinâmico e passível de ser acelerado pelas ações humanas, entendida como sendo o recuo linear das margens fluviais que ocorre devido à remoção dos materiais do barranco pela ação fluvial (correntes, ondas) ou por forças de origem externa (precipitação) (Fernandez, 1990).

Neste contexto, o entendimento da erosão de margens é fundamental para os estudos relacionados à geomorfologia fluvial. Apesar da importância da compreensão dos processos de recuo de margens, ainda são poucos os estudos desenvolvidos sobre a temática, sendo a maioria das pesquisas sobre erosão de margens desenvolvidas em rios de regiões temperadas e em rios de pequenas bacias de drenagem (Klink e Machado, 2005; Cunha e Guerra, 2011).

Em território brasileiro, alguns trabalhos nesta temática foram desenvolvidos principalmente na Bacia do Rio Paraná, por Fernandes (1993), Cunha (1996) e Rocha e Sousa Filho (2008), bem como na Região Norte, na Bacia do Rio Amazonas, como estudado por Lima (1998). Enquanto na região central foram desenvolvidos trabalhos por Mota (2001), na Sub-Bacia do Riacho Fundo (DF), por Souza (2002), no Rio Paraguai (MT) e por Moraes (2006), no Médio Rio Araguaia.

Ao tratar-se da qualidade e proteção dos recursos hídricos, fica evidenciada a relevância do conhecimento do meio físico, especialmente no contexto da Região Hidrográfica do Rio Coxipó, afluente da Bacia Hidrográfica do Rio Cuiabá, dois importantes rios que favorecem o abastecimento a Capital Mato-Grossense (Salomão et al., 2011). Salomão (2010) esclarece que a escolha da técnica a ser aplicada deve se adaptar às características físicas e químicas do solo, às características das encostas, e ao tipo de uso

da terra. Em áreas urbanas, o surgimento da erosão está associado à falta de planejamento, ou seja, a ocupação dá-se sem levar em consideração aspectos como as particularidades do meio físico, as condições sociais e econômicas, e as tendências do desenvolvimento (Salomão e Ywasa, 1995).

Com intuito de abordar a temática para bacias de médio porte, situadas na Região Centro-Oeste do País, o trabalho teve como objetivo diagnosticar os processos erosivos e de desbarrancamentos observados nas margens do Rio Coxipó, localizado no perímetro urbano de Cuiabá-MT, de maneira a permitir a elaboração de mapa de risco e a proposição de medidas preventivas e corretivas decorrente da erosão fluvial. A metodologia utilizada permitiu desenvolver atividades de maneira a entender a dinâmica erosiva em taludes existentes às margens do rio.

O método utilizado teve como objetivo caracterizar áreas de risco decorrente dos processos erosivos fluviais às margens do Rio Coxipó. Nessa análise, foram selecionados trechos do rio que apresentaram atividades de processos erosivos ativo sobre os taludes para posterior classificação de Áreas de Risco. A classificação consistiu em denominar trechos situados em margens côncavas como Área de Risco 1, margens retilíneas para Área de Risco 2 e em margens convexas ou retilíneas como Área de Risco 3. Aliado a essa metodologia, foi realizada a proposição e de medidas corretivas e prevenção das áreas de risco com intuito de conter os processos erosivos atuantes no local.

Material e métodos

Bacia Hidrográfica do Rio Coxipó

De acordo com Rocha (2003) e Silva (2009), a Bacia Hidrográfica do Rio Coxipó possui área de drenagem de 690,44 km² que abrange os Municípios de Chapada dos Guimarães e Cuiabá, ambos localizados no Estado de Mato Grosso. Sua nascente encontra-se a Área de Proteção Ambiental de Chapada dos Guimarães, em uma altitude de aproximadamente 868 m.

Para Rocha (2003) além da importância para o abastecimento público, entre diversos usos para a Capital, a maior parte inserida na mancha urbana do Município de Cuiabá, sendo em torno de 60% de sua área protegida por áreas de preservação ambiental (APAs), unidades de conservação (UCs), Parque Nacional de Chapada dos Guimarães (PNCG), Área de Proteção Ambiental (APA) da Chapada dos Guimarães e Unidade de Conservação do Horto Florestal Municipal, que contribuem para melhora da qualidade ambiental em todos os âmbitos (Figura 1).

Aspectos ambientais e sociais

Tendo em vista que a bacia está inserida na Região Hidrográfica do Paraguai, os aspectos climatológicos são caracterizados pelas oscilações que ocorrem nas variáveis hidrológicas e outras grandezas meteorológicas da região (Mato Grosso, 2016). A temperatura média anual pode variar entre 21,5 °C, nos topos elevados, e no topo da Chapada as médias mínimas chegam a 5 °C. No entorno da bacia, o clima apresenta-se como tropical semiúmido, conforme a classificação de Köppen. Pode manifestar sazonalidade com máximas no período chuvoso (outubro a abril) e mínimas no período seco (maio a setembro) (Pedreira Junior et al., 2020), com precipitação média anual de 1.372 mm.ano⁻¹ e a temperatura do ar média anual de 26,9 °C (Lima, 2009). A Bacia do Rio Coxipó é considerada uma das principais Sub-Bacias do Rio Cuiabá, onde contribui com mais de 30% de captação total da água para o abastecimento da capital do estado, na qual 75% do PNCG drena o Município de Cuiabá, onde abrange a Bacia do Rio Coxipó que ocupa 55% de área do PNCG (Figueiredo et al., 2018).

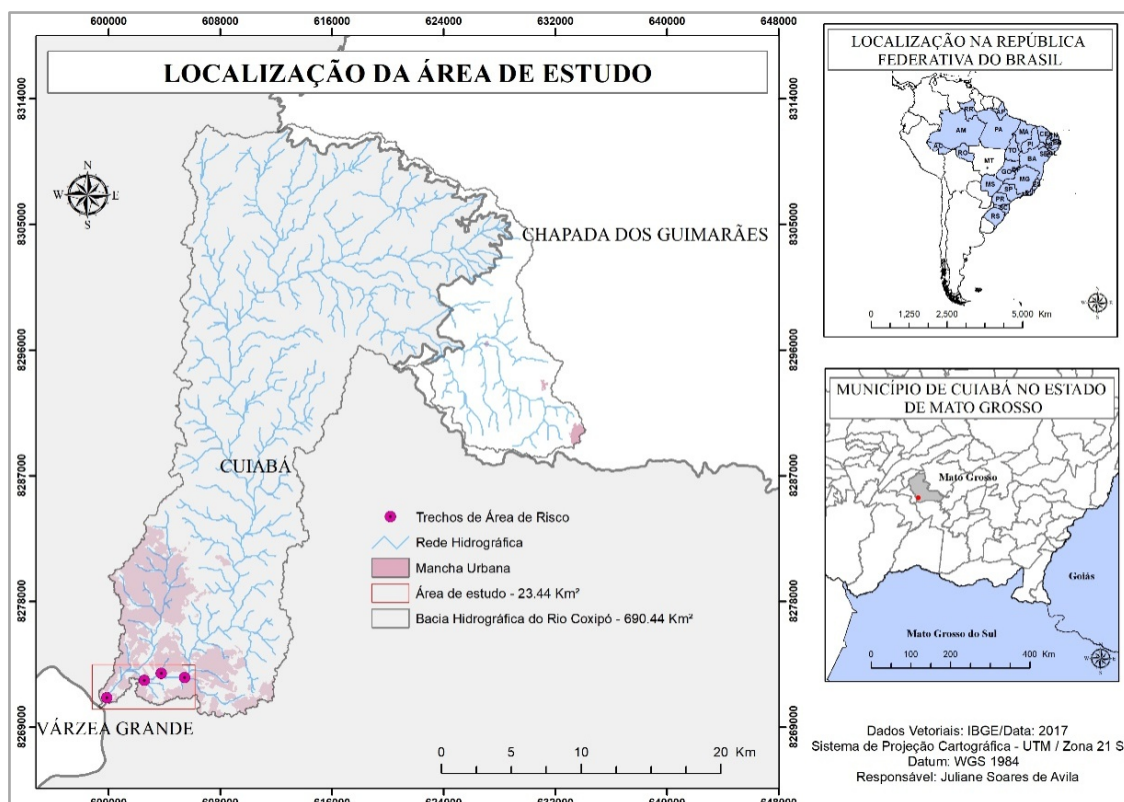


Figura 1. Mapa de localização Bacia Hidrográfica do Rio Coxipó (BHRC). Fonte: Earth Explore (2020).

No município, o Rio Coxipó drena o Bairro Moinho, um dos mais habitados da Capital, com área de drenagem de 39,31 km², sendo que na Microbacia do Córrego Moinho, estão inseridos cerca de 60% da população da BHRC, contribuindo com um volume expressivo de esgotos sanitários, além de lixo e entulhos dispostos em seu leito (Alves, 2009; Lima, 2009; Figueiredo et al., 2018).

A geologia da área de estudo possui importante localização, uma vez que, está no encontro de diferentes formações, sendo a transição do Planalto dos Guimarães para a Depressão Cuiabana com a ocorrência da unidade geológica do Grupo Cuiabá, que compreende a unidade tectônica Faixa Paraguai, desenvolvida durante o Ciclo Pan-Africano/Brasiliano (1.000-500 Ma) (Dantas et al., 2006).

Na parte urbanizada da bacia inserida em Cuiabá, as principais unidades pedológicas são solos Cambissolos, Latossólicos e Argissolos inseridos na porção baixa da bacia (Mato Grosso, 2007). Quanto ao uso e à ocupação, a bacia apresenta áreas ocupadas por floresta plantada (0,02%), rio, lago e oceano (0,05%), cultura anual e perene (0,05%), formação campestre (0,07%), outras áreas não vegetadas (0,7%), infraestrutura urbana (7,91%), formação florestal (17%), pastagem (22%) e formação savânica (51%) (MapBiomias, 2018).

Na Figura 2 são destacadas as principais informações referentes aos aspectos ambientais relacionados ao uso e ocupação do solo (Figura 2A), precipitação (Figura 2B) e hidrológicos (Figura 2C) observados na bacia. Por meio dos dados, é possível verificar que ainda persiste a expansão urbana, contribuindo para o aumento dos processos de desmatamento às margens do rio (matas ciliares), para a realização da implantação de vias

e edificações, impermeabilização do solo, além de lançamento de efluentes sanitários nos córregos tributários.

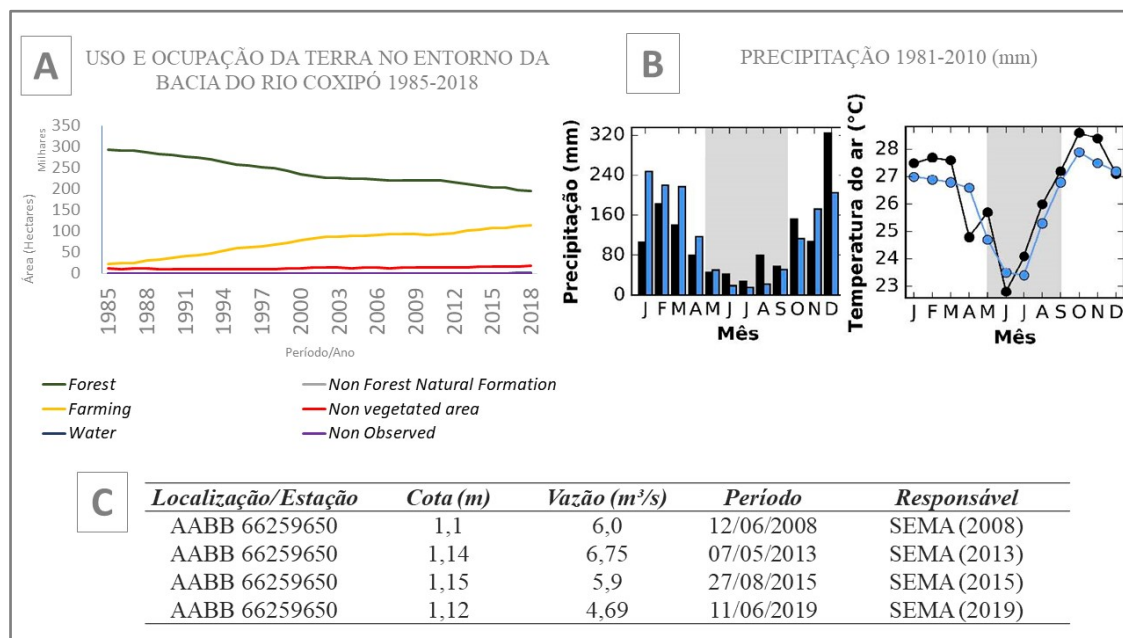


Figura 2. Aspectos do uso e ocupação do solo (A), precipitação (B) e hidrológicos (C). Fonte: MapBiomias (1985-2018), Pedreira Junior et al. (2020), (2008-2020) e ANA (2008-2019).

O processo de organização do espaço do Estado de Mato Grosso inicia-se devido à fronteira agrícola que atuou como força motriz para expansão territorial. Composto-se de duas fases distintas de ocupação e desenvolvimento do espaço mato-grossense, o estado teve a primeira, caracterizada como pré-capitalistas (extrativismo mineral, vegetal, agricultura de subsistência e da pecuária extensiva) que perdurou até a metade do século XX (Higa e Moreno, 2005).

Enquanto a segunda, que se refere à inserção de Mato Grosso na economia de mercado, caracterizada pela disseminação dos projetos de colonização e modernização agropecuária que atua até hoje, sendo traço comum que permeia as duas fases, os fluxos migratórios que dinamizaram o processo de ocupação de Mato Grosso (Higa e Moreno, 2005).

Durante muito tempo, a Cidade de Cuiabá cresceu lentamente, ocupando apenas os vazios existentes ao longo da margem do Córrego do Prainha. Foi somente no final do século XIX, o traçado das ruas estava mais nítido, a Região do Porto estava consolidada e iniciava-se a integração do Distrito do Coxipó da Ponte. Nesse período, a mancha urbana de Cuiabá foi se adensando, mas sem evidências de ampliação do seu tamanho (Siqueira et al., 1997; Siqueira et al., 2002).

Cuiabá permaneceu contida até o início dos anos 1960 e as mudanças ocasionadas ocorreram sobretudo após a década de 1970. Este efeito foi decorrente dos incentivos federais para a integração nacional e da política de ocupação da Amazônia pela Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), que fizeram com que grandes empresas agropecuárias se estabelecessem no norte do estado, intensificando a ocupação da Amazônia Mato-Grossense e fortalecendo Cuiabá como centro de apoio à

ocupação e de fluxos migratórios (Siqueira et al., 1997; Siqueira et al., 2002). Na Figura 3 é apresentada a evolução urbana no município, sendo a Figura 3A a representação do resultado da evolução urbana, enquanto a Figura 3B representa o aumento populacional desde a década de 1970, bem como a estimativa para o ano de 2020.

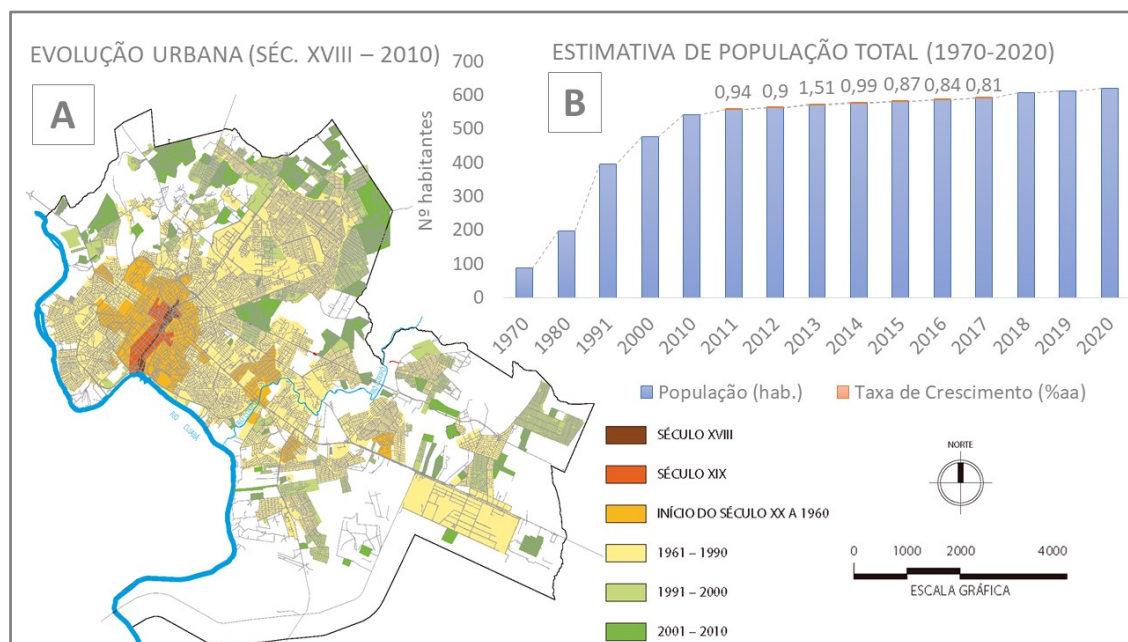


Figura 3. Evolução urbana no Municipal de Cuiabá-MT. Fonte: Pedrollo (2010) e IBGE (2020).

Caracterização das classes de risco

A identificação, caracterização e mapeamento das Classes de Risco com proposição de medidas preventivas e corretivas foi realizada com a implementação de duas etapas, conforme proposto por Salomão e Madruga (2010), sendo elas:

- 1ª Etapa: Foram identificados no campo os condicionantes do meio físico e os problemas existentes ou esperados em função da dinâmica da ocupação local.
- 2ª Etapa: Foi realizado o mapeamento das áreas de risco onde permitiu a categorização da classe de risco e o estabelecimento das principais evidências e características dos taludes em relação as formas de uso e ocupação do solo.

O resultado desta análise permitiu destacar áreas e caracterizá-las de acordo com o risco, sendo eles:

- Classe de Risco 1: Áreas situadas em margens côncavas do rio com processos ativos de erosão e desbarrancamento dos taludes abruptos e com alta declividade e muito desmatados.
- Classe de Risco 2: Áreas situadas em margens retilíneas do rio com processos ativos de erosão e desbarrancamento, taludes abruptos ou com alta declividade e muito desmatada.

- Classe de Risco 3: Áreas situadas em margens convexas ou retilíneas do rio, taludes abruptos ou com altas declividades, poucas matas de ocorrência pontuais ou esparsas de processos erosivos e de desbarrancamento.

Além disso, foram sugeridas medidas voltadas ao controle dos processos erosivos e desbarrancamentos de caráter preventivo e corretivo. Figuras ilustrativas e esquemáticas foram apresentadas para melhor compreensão das evidências e características dos taludes na área de estudo.

Dessa forma, a adoção dessas medidas comumente utilizadas em projetos de engenharia segue conforme sugerida pela literatura apresentada por Ayres (1936), Zachar (1982), Lal (1990), Morgan (1995) e Morgan et al. (1998) em trabalhos internacionais. Bertoni e Lombardi Neto (1993), Bidone e Tucci (1995), Salomão e Iwasa (1995), Fendrich (1997), Righetto (1998) e Ridente (1999), de modo que possam ser implementadas.

Resultados e discussão

Área de Risco 1

As Áreas de Risco 1, situadas entre as coordenadas 615021.60 m E/8232137.83 m S e 615445.32 m E/8231239.79 m S, perfazem cerca de 290 m (Figura 4A) para área AR1.A à margem esquerda e 248 m para AR1.B na margem direita do Rio Coxipó (Figura 4B).

Na área AR1.A as principais causas da instabilização dos taludes ocorrem devido à expansão de áreas residenciais, sendo a mais atual a Ponte Professor Benedito Figueiredo. Em campo, taludes foram caracterizados por sedimentos arenosos (horizonte superior), argilosos (horizonte inferior), podendo ocorrer afloramento de filito na base.

Segundo Salomão (1999), este tipo de sedimento pode favorecer processos erosivos quando não mitigados. Conforme analisado, a área já sofre com os impactos dessas interferências. Estruturas de gabião foram observadas no local como forma de desacelerar o avanço do descalçamento do talude.

De acordo com a Secretaria de Estado das Cidades (SECID/MT), entre os itens realizados na obra, foram utilizados gabiões caixa (tipo de estrutura armada, flexível, drenante e de grande durabilidade e resistência) e para estabilização da margem esquerda da cabeceira da ponte, utilizou aterro compactado. No entanto, segundo a Portaria nº 07/2018/13ª PJDPP Inquérito Civil (SIMP nº 001083-023/2017), que instaura a investigação, há relatos de natureza não identificada sobre supostas irregularidades envolvendo a construção da Ponte (Figura 4C).

Santos (2015), Oliveira e Mello (2016) e Abbatapaulo et al. (2018) também apontam a mesma problemática enfrentada em rios existente em áreas urbanas. A principal justificativa notada pelos autores são as modificações das feições da superfície de áreas situadas nesses ambientes. Estas são decorrentes de ação antrópica, acelerando processos que ocorreriam de forma mais lenta em condições naturais.

De modo geral, a área AR1.A apresenta processo erosão em ravinas e sulcos devido à ausência de vegetação às margens, e quando há, há erosão causada pelo arranque de árvores de médio porte em períodos chuvosos (Figura 4D). Outro aspecto acontece devido ao desbarrancamento provocado por fissuras sobre a superfície do perfil com sedimento de aterro cascalhento (Figura 4E).

Já para a outra área analisada, AR1.B, a caracterização dos perfis permitiu verificar que os taludes analisados são compostos por sedimento areno-argilo-siltoso no horizonte superior, seguido por argilo-silto-arenosa ao centro e de material inconsolidado do tipo Saprolito no horizonte inferior, havendo afloramento rochoso constituído por filito pertencente ao Grupo Cuiabá na base de alguns taludes (Figura 4F).

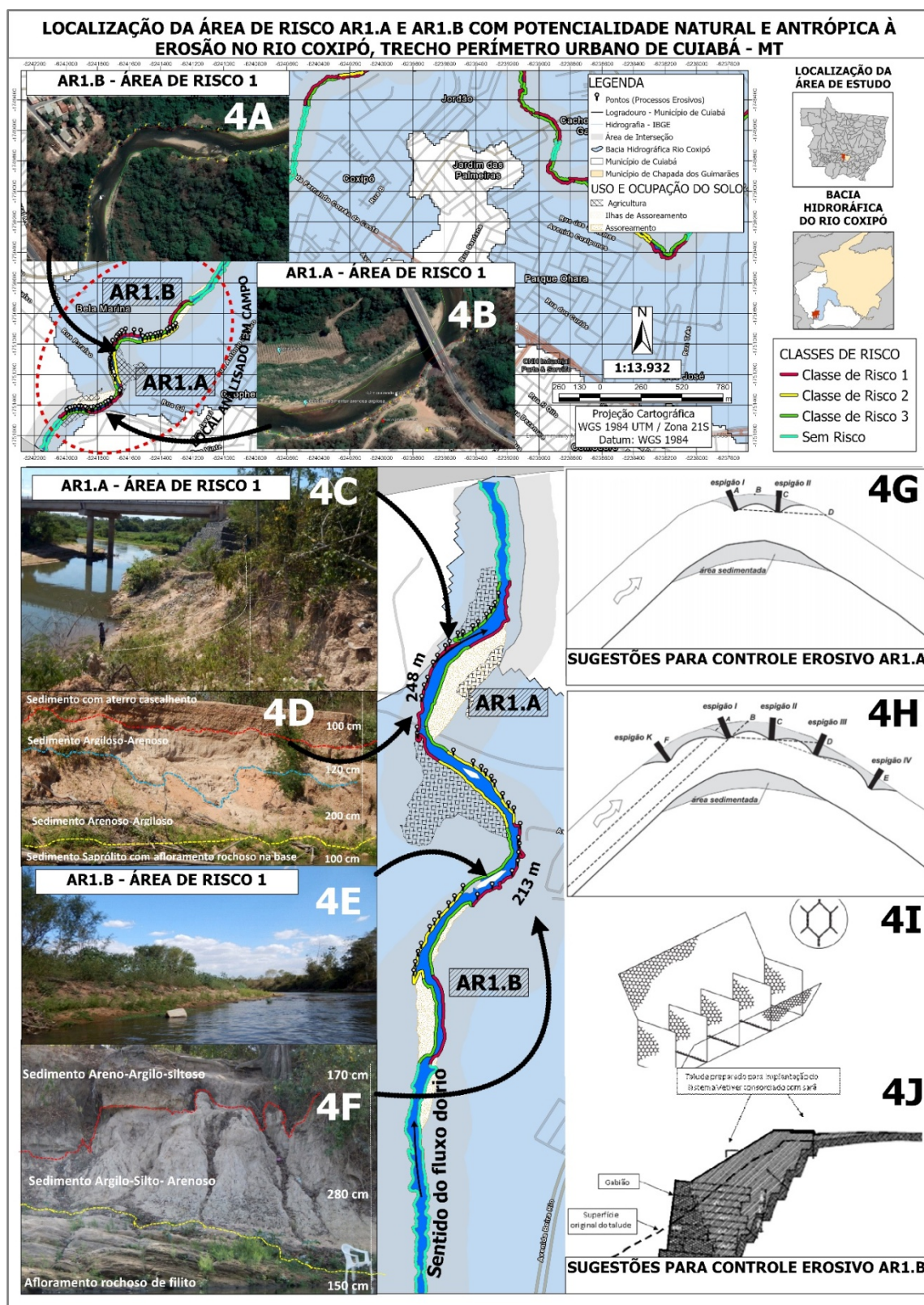


Figura 4. Localização da área de risco AR1.A e AR1.B.

Nesta área foi verificadas ações que favorecem à erosão fluvial e pluvial semelhantes à área anterior. A presença de material inconsolidado e altamente susceptíveis à ação erosiva permitem a ocorrência de erosões por solapamento sobre o talude (Figura 4F).

Sugestões para o controle corretivo das Áreas de Risco 1

Diante do contexto apresentado, sugere-se a proteção do local (AR1.A) por meio de integração de espécies vegetais adaptadas às condições da área. Ressaltando a importância do monitoramento por meio da realização de podas de árvores em risco de queda com intuito de reduzir seu peso aliviado.

Por meio de métodos da bioengenharia, o capim vetiver (*Vetiveria zizanioides* L. Nash) pode contribuir para a contenção de processos erosivos dos taludes por meio do sistema radicular, cujo comprimento pode atingir mais de 2 m.

Além disso, a utilização de gabiões e espécies vegetativas podem ser concebidas de maneira a impedir o embate direto das águas do rio sobre o talude. Assim, recomenda-se a inserção de estruturas de espigões, que são dispositivos com a finalidade de direcionar o fluxo da corrente e proteger ou recuperar a margem de um curso de água (Figura 4I).

Esse método deve seguir o processo passo a passo a partir da identificação da zona de erosão, onde é inserido o primeiro espigão, que é posicionado imediatamente a montante, em geral perpendicularmente à margem e com um comprimento de ordem de 10% da largura do rio.

Para AR1.B a contenção do talude por meio de gabião em caixas com vegetação sobre a superfície apresenta o melhor método devido à resistência ao cisalhamento e ruptura do talude (Figura 4J). Desse modo, a implantação da estrutura do gabião deve ocorrer na base onde se situam sedimentos do Grupo Cuiabá, com altura que proteja todo o perfil. Além disso, fazer uma contenção com a vegetação, consorciando espécies de gramínea (*Vetiveria zizanioides* L. Nash), capim vetiver e arbóreas (*Sapium bovatum* Klotzsch ex Mull. Arg.) serão, facilitando a formação de barreiras ou cordões vegetais e revestimento do solo (Figura 4I).

Área de Risco 2

Nesta região, as áreas mapeadas situam-se à margem esquerda do rio, sendo elas: AR2.A entre as coordenadas 615021.60 m E/8232137.83 m S e 615445.32 m E/8231239.79 m S, perfazendo 248 m (Figura 5A) e a área AR2.B entre as coordenadas 615021.60 m E/8232137.83 m S e 615445.32 m E/8231239.79 m S, com 213 m de extensão (Figura 5B).

Na área AR2.A foi observado processos erosivos na margem direita e de assoreamento na esquerda. A Figura 5C apresenta a manifestação desses processos. Nesta área, predominam sedimentos argilo-arenosos, recobertos por camada de sedimento de textura arenosa, enquanto na sua base afloram filitos (Grupo Cuiabá).

Já na Área de Risco AR2.B, também apresentou processos erosivos e alguns desbarrancamentos somente à margem direita, enquanto a margem esquerda, apresentou-se como área deposicional (Figura 5D). Embora esses processos erosivos presentes às margens do rio, por muitas vezes ocorrem devido às condições naturais, a presença da intervenção humana, em forma de ocupação desordenada às margens do canal, tende a acelerar esses processos.

A retirada da vegetação do talude marginal e da borda do canal, especialmente de espécies que contribuem com a redução do impacto da água às margens do rio é o primeiro passo para a aceleração dos processos erosivos e desbarrancamentos. Esse tipo de ocorrência é muito comum em todos os trechos conforme observados.

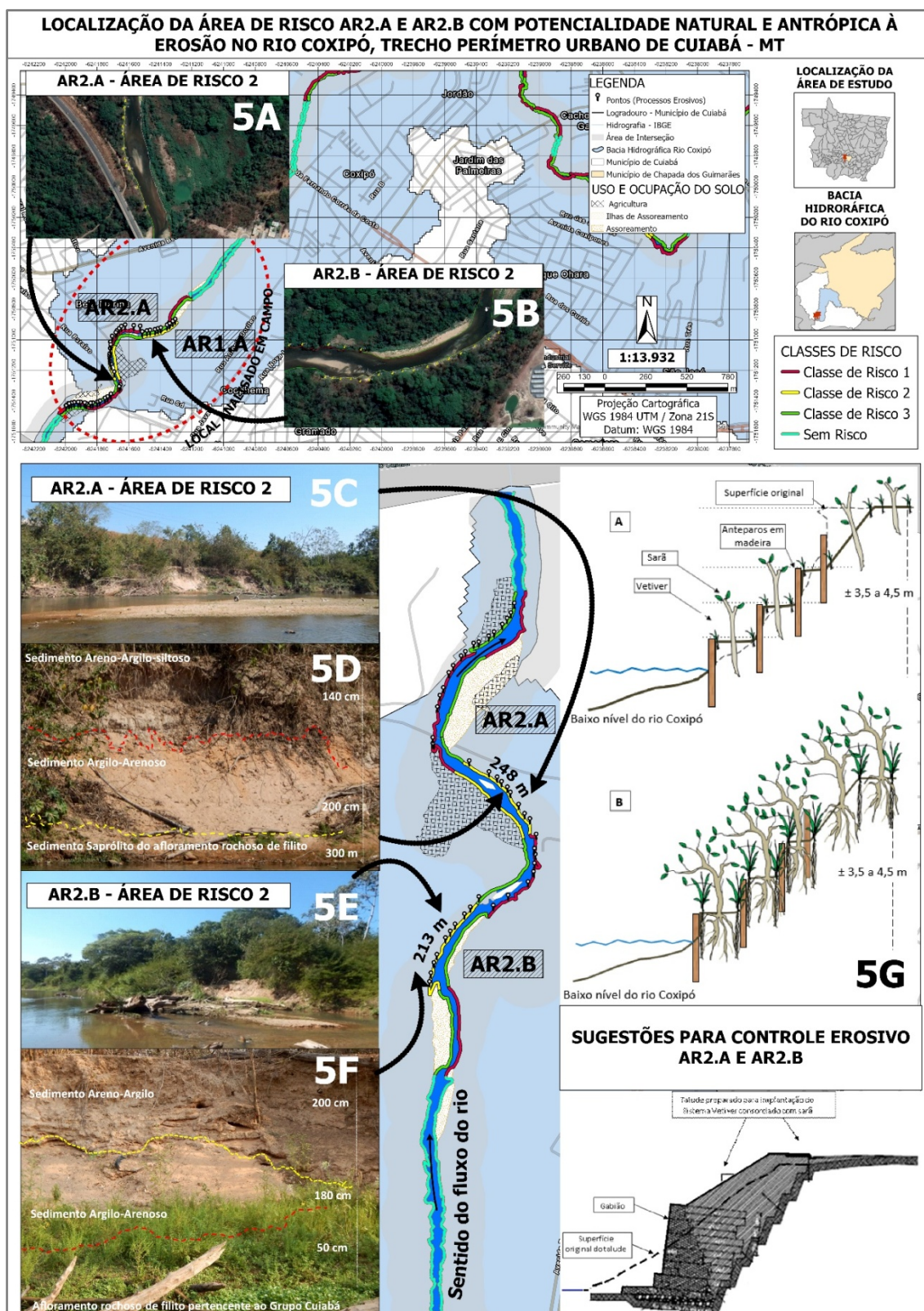


Figura 5. Localização da área de risco AR2.A e AR2.B.

Na Figura 5E é possível observar o acúmulo de troncos no leito do rio que favorecem o aumento do potencial de degradação ao acumularem restos de resíduos sólidos urbano (RSU). O baixo nível da água associado ao acúmulo de assoreamento às margens e em formas de ilhas contribuem para a concentração de troncos e de resíduos sólidos urbano (RSU) no curso do leito fluvial.

Outro aspecto observado é o aumento de fluxo provocado pela presença de ilhas deposicionais, mesma característica verificada no trecho AR1.B. Nota-se que há contribuições significantes para o aumento do fluxo do rio, atuando como agentes de mudanças na geomorfologia fluvial do canal.

Na Figura 5F, é possível observar que a retirada da cobertura vegetal expôs o talude à ação erosiva das águas do rio. Nota-se que o talude apresenta sedimento do tipo argila-arenoso recoberto por sedimento arenoso. Já na parte inferior do talude, é verificada a ocorrência de filito muito intemperizado, constituído por camada de saprólito, característica semelhante à área de risco AR2.A.

Em todo trecho analisado é observado que os processos erosivos atuam durante quase todo ano, sendo mais intensos durante o período chuvoso. Neste contexto, é verificado que a erosão lateral dos taludes analisados depende do grau de coesão dos sedimentos presentes nos taludes (forças de resistência) bem como da capacidade da ação fluvial de removê-los (forças motivadoras). Frente a uma mesma pressão erosiva, sedimentos coesos como argilas, tendem a permanecer no perfil enquanto aqueles não coesos, como areias inconsolidadas, são facilmente carregados (Lal, 1990).

Dessa forma, foi observado erosão provocado por arraste de árvores e influência das ilhas ao centro do leito, favorecendo no acúmulo de força hídrica sobre as margens retilíneas e ou levemente côncavas. Essas duas situações foram observadas para as duas áreas.

Sugestões para o controle corretivo das Áreas de Risco 2

A interpretação integrada do meio físico permitiu identificar em toda área localizada tanto na Área de Risco AR2.A como ao AR2.B a ocorrência de processos erosivos decorrentes de queda de árvores, sendo consideradas o principal agente causador de erosão provocado pelo arraste do solo durante o período de cheias.

Por outro lado, por se situarem em margens retilíneas do Rio Coxipó, a ação erosiva pelo fluxo d'água é pouco verificada, sendo manifestada quase que exclusivamente pela ação das águas de chuva. Dessa forma, não é recomendado obras de contenção por estrutura de gabião, conforme sugerido para talude da Área de Risco 1.

Sendo assim, para os taludes em Áreas de Risco 2, recomenda-se preventivamente o corte das árvores sujeitas a tombamento e utilizar madeira de seus troncos e galhos como material complementar com a finalidade de realizar a construção de barreiras promovendo a quebra de energia da água sobre o talude. Na ilustração Figura 5G é descrito a forma como o método poderá ser aplicado.

Área de Risco 3

Correspondente a áreas situadas em margens convexas ou retilíneas e com taludes muito declivados com manifestação pontual ou espaçada de processos erosivos e de desbarrancamento situa-se a Área de Risco 3.

A Figura 6A identifica o trecho do rio, localizado à margem esquerda do Rio Coxipó, está situado entre as coordenadas 599385.00 m E e 8270691.00 m S a 599749.34 m E e 8270858.50 m S, com cerca de 187 m de extensão.

Após análises, verificou-se que a Área de Risco 3 encontra-se em uma área de atividade agrícola, como cultivo de leguminosa *Abelmoschus esculentus*, conhecido popularmente como quiabo.

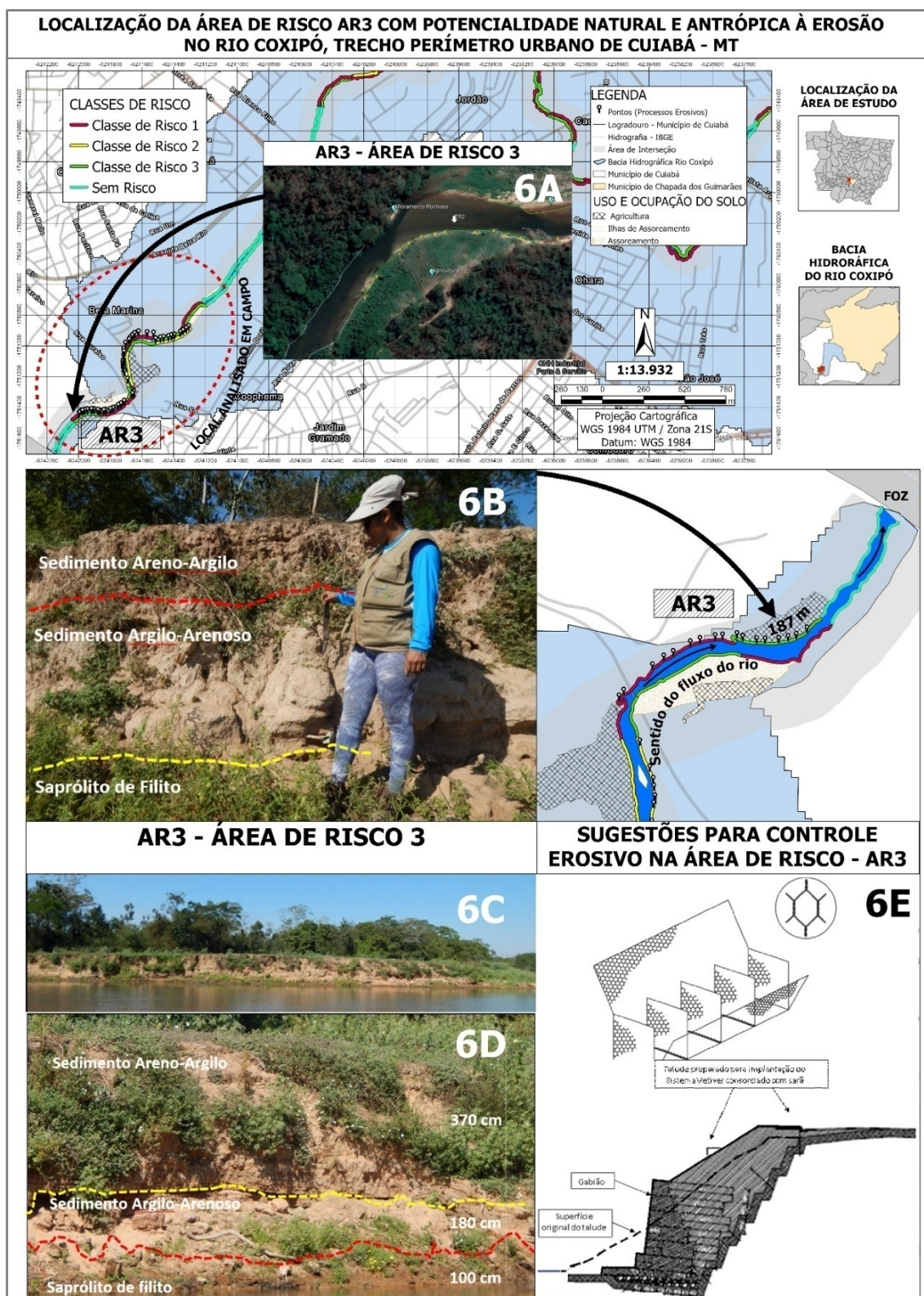


Figura 5. Localização da área de risco AR3.

Através de análise de imagens de satélite, foi possível verificar que o local recebe preparo do solo para o cultivo da cultura anualmente, ocupando uma área com cerca de 5.371,87 m². O mesmo ocorre à margem direita, numa área ocupada por terraço fluvial com aproximadamente 3.500 m², onde se observa o domínio de sedimentos arenosos.

Os perfis dos taludes observados no trecho apresentam horizontes mais arenosos de sedimentos de textura argilo-arenosa, enquanto na porção inferior do talude a ocorrência de camada arenosa-argilosa e saprólito de filito.

Nessas condições, as águas de chuva que se dirigem ao talude provenientes do escoamento superficial das margens ocupadas por atividade agrícola, apresentam tendência para a infiltração na camada arenosa que ocorre em sua porção superior, até atingir a camada de sedimento argilo-arenoso menos permeável.

Com a saturação da camada superior, o escoamento superficial pode se intensificar e promover processos erosivos na forma de sulcos e ravinas que se manifestam de forma generalizada ao longo do talude (Figura 6B).

A Figura 6C apresenta ação erosiva manifestada no talude por escoamentos superficiais das águas de chuva provavelmente oriundas pela forma incorreta de ocupação por uso agrícola conforme comentado.

Além disso, são observados sulcos de erosão linear de forma generalizada na superfície do talude, causados pela ação das águas de chuva que escoam em direção ao talude. Percebe-se que a forma do talude facilita a manifestação de erosão em ravinas e sulcos em quase todo trecho analisado.

Outro aspecto é a remoção da vegetação que provoca uma série de mudanças, como por exemplo o desaparecimento do horizonte húmico, aumentando a saturação terraço a diminuição da resistência mecânica do solo pela deterioração das raízes neste talude. A Figura 6D permite observar a ocorrência de processos erosivos por ravinas e sulcos nos horizontes superiores e medianos do talude, que favorece o desmoronamento.

São numerosos os fatores que condicionam a erosão das margens fluviais, no entanto, nesse local, nota-se que o principal fator é decorrente da erosão pluvial. Por ser uma margem situada na margem convexa do rio, área deposicional, a única influência erosiva sobre o talude ocorre na superfície, tendo como o índice de pluviosidade como fator preponderante.

Sugestões para o controle corretivo das Áreas de Risco 1

De acordo com os levantamentos realizados em campo, medidas preventivas e corretivas devem estar voltadas ao controle tão somente dos processos erosivos causados pela ação das águas de chuva que atingem diretamente a superfície dos taludes ou provenientes do escoamento superficial de áreas ocupadas por atividades agrícolas, verificadas nas margens do Rio Coxipó.

Dessa forma, também se sugere a utilização da bioengenharia conforme apresentada para outras áreas. Além disso, recomenda-se o cumprimento da Lei nº 12.651/2012 (Brasil, 2012), com finalidade precípua proteger a cobertura vegetal, onde se encontra expressamente elencada como floresta de preservação permanente aquelas situadas ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água.

Conforme observado em campo, o rio apresenta cerca de 30 m de largura, em quase toda extensão avaliada, e, seguindo o proposto na legislação, a vegetação de borda deve ter até 50 m de extensão em ambas as margens adjacentes ao corpo hídrico com largura de 10 a 50 m, situação não verificada neste trecho.

Desse modo, recomenda-se a ampliação de áreas de preservação permanente (APPs) em ambas as margens em conformidade com o Novíssimo Código Florestal (Lei nº 12.651/2012), apoiada pela Lei de Ocupação e Uso do Solo do Município de Cuiabá (Cuiabá, 2011), mediante a elaboração de Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD), conforme Resolução CONAMA nº 237/1997 (Brasil, 1997).

Conclusão

No trecho analisado em campo, foi verificado que as principais variáveis potencialmente causadoras de erosão e desbarrancamento das margens do Rio Coxipó ocorrem devido ações antrópicas (atividade abandonada de mineração de areia, supressão da vegetação das margens do rio devido ao uso agrícola e ocupação urbana) e natural (desestruturação do solo devido ao arranque provocado por raízes de árvores de grande porte em período de cheia).

A metodologia utilizada para caracterização da dinâmica erosiva promovida pela ação das águas do Rio Coxipó mostrou-se pertinente às definições e determinação de três diferentes áreas de risco que foram em campo analisadas, permitindo destacar processos erosivos e de desbarrancamento mais intensos em margens côncavas e retilíneas, enquanto na margem convexa apresentou-se como área de assoreamento, sendo a pluviosidade, o principal causador de erosão, e interferindo na dinâmica fluvial.

Agradecimentos

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

- Abbatepaulo, C. O. L. **Os efeitos da mineração de areia em leito de rio sobre o sistema fluvial**: análise de imagens orbitais de segmentos do Rio Tijucas em São João Batista (SC). Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2018. (Monografia de graduação).
- Alves, E. C. R. F. **Monitoramento quali-quantitativo da Bacia Hidrográfica do Rio Coxipó-MT**: Uma ferramenta para implementação da gestão participativa dos recursos hídricos. Cuiabá: Universidade Federal de Mato Grosso, 2009. (Dissertação de mestrado).
- ANA - Agência Nacional de Águas. **Dados hidrológicos**: séries históricas. Brasília: ANA, 2008.
- ANA - Agência Nacional de Águas. **Dados hidrológicos**: séries históricas. Brasília: ANA, 2019.
- Ayres, Q. **Soil erosion and its control**. New York: McGraw-Hill, 1936.
- Bertoni, J.; Lombardi, N. F. Fatores que influem na erosão. **Conservação do Solo**, v. 3, p. 45-67, 1993.
- Bidone, F.; Tucci, C. E. M. Microdrenagem. In: Tucci, C. E. M.; Porto, R. L. L.; Barros, M. T. **Drenagem urbana**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH, 1995. v. 5. p. 277-347.
- Bigarella, J. J. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1994.
- Brasil. **Lei nº 12.651, de 25 de 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. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso em: 12 maio 2020.

Brasil. **Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997**. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cecav/images/download/CONAMA_237_191297.pdf>. Acesso em: 12 maio 2020.

Christofolletti, A. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.

Cuiabá. **Lei Complementar nº 231, de 26 de maio de 2011**. Disciplina o uso, a ocupação e a urbanização do solo urbano no Município de Cuiabá. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a1/mt/c/cuiaba/lei-complementar/2011/23/231/lei-complementar-n-231-2011-disciplina-o-uso-a-ocupacao-e-a-urbanizacao-do-solo-urbano-no-municipio-de-cuiaba>>. Acesso em: 12 maio 2020.

Dantas, M. E.; Shinzato, E.; Scislawski, G.; Thomé Filho, J. J.; Rocha, G. A.; Castro Junior, P. R. D.; Salomão, F. X. T. **Diagnóstico Geoambiental da Região de Cuiabá/Várzea Grande e entorno, MT**. Brasília: CPRM, 2006.

Cunha, S. B.; Guerra, A. J. T. Degradação ambiental. **Geomorfologia e Meio Ambiente**, v. 4, p. 337-379, 1996.

Cunha, S. B.; Guerra, A. J. T. Degradação ambiental. In: Guerra, J. T.; Cunha, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. 10. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 337-380.

Dechen, S. C. F. Gramíneas e leguminosas e seus restos culturais no controle da erosão em Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 5, n. 2, p. 133-137, 1981.

Fendrich, R.; Obladen, N. L.; Aisse, M. M.; Garcias, C. M. **Drenagem e controle da erosão urbana**. Curitiba: Champagnat, 1997. v. 4.

Fernandez, O. V. Q. **Mudanças no canal fluvial do Rio Paraná e processos de erosão nas margens**: Região de Porto Rico-PR. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", 1990. (Dissertação de mestrado).

Fernandez, O. V. Q.; Fulfaro, V. J. Magnitudes e processos da erosão marginal no Rio Paraná, trecho de Porto Rico-PR. **Geografia**, v. 18, n. 1, p. 97-114, 1993.

Figueiredo, D. M.; Dores, E. F. G. C.; Lima, M. Z. **Bacia do Rio Cuiabá: uma abordagem socioambiental**. Cuiabá: Entrelinhas, EdUFMT, 2018.

Higa, T. C. S.; Moreno, G. (Orgs.). **Geografia de Mato Grosso: território, sociedade, ambiente**. Cuiabá: Entrelinhas, 2005.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estimativas da população residente no Brasil e unidades da federação com data de referência em 1º de julho de 2018. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticasnovoportal/sociais/populacao/9103-estimativas-depopulacao.html?=&t=downloads>>. Acesso em: 12 maio 2020.

Klink, C. A.; Machado, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.

Lal, R. **Soil erosion in the tropics: Principles and management**. New York: McGraw Hill, 1990.

Lima, E. B. N. R.; Lima, J. B. Qualidade da água das principais sub-bacias urbanas do Município de Cuiabá. In: Figueiredo, D. M.; Salomão, F. X. T. **Bacia do Rio Cuiabá: uma abordagem socioambiental**. Cuiabá: Entrelinhas, EdUFMT, 2009. p. 140-145.

- Lima, M. S. B. **Movimentos de massa nos barrancos do Rio Acre e implicações socioeconômicas na área urbana de Rio Branco/Acre**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1998. (Dissertação de mestrado).
- MapBiomas. **Relatório anual do desmatamento no Brasil**. 2018. Disponível em: <<https://s3.amazonaws.com/alerta.mapbiomas.org/relatorios/MBI-relatorio-Desmatamento-2019-FINAL5.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2018.
- Mato Grosso. **Geografia de Mato Grosso**. Cuiabá: Secretaria de Estado de Planejamento de Mato Grosso, 2016.
- Mato Grosso. **Solos e paisagens**. Cuiabá: Secretaria de Estado de Planejamento de Mato Grosso, 2007.
- Morais, R. P. **A planície aluvial do Médio Rio Araguaia: processos geomorfológicos e suas implicações ambientais**. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2006. (Tese de doutorado).
- Morgan, R. P. C. **Soil erosion & conservation**. 2. ed. New York: Longman, 1995.
- Morgan, R. P. C.; Quinton, J. N.; Smith, R. E.; Govers, G.; Poesen, J. W. A.; Auerswald, K.; Chisci, G.; Torri, D.; Styczen, M. E.; Folly, A. J. V. **The European soil erosion model: Documentation and user guide**. Bedford: Silsoe College, 1998. Version 3.6.
- Mota, I. S. A. **Avaliação da erosão marginal e transporte de sedimentos na Sub-Bacia do Riacho Fundo - Distrito Federal**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2001.
- Oliveira, F. L.; Mello, E. F. A mineração de areia e os impactos ambientais na Bacia do Rio São João, RJ. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 37, n. 2, p. 374-389, 2016.
- Pedreira Junior, A. L.; Biudes, M. S.; Machado, N. G.; Rocha, A. G. Efeito da mudança da cobertura em parâmetros biofísicos em Cuiabá, Mato Grosso. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 3, p. 1324-1334, 2020. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.3.p1324-1334>
- Pedrollo, J. M. (Org.). **Uso, ocupação e urbanização do solo: legislação**. Cuiabá: Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano, 2011.
- Ridente, J. J. L. Characterization of erosion and guidelines for preventive and corrective control in high contribution basins of Araguaia, GO/MT. *Anais do Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia*, 1999.
- Righetto, A. M. **Hidrologia e recursos hídricos**. São Carlos: EESC/USP, 1998.
- Rocha, J. P. G. **Avaliação das ações antrópicas no meio físico a partir dos impactos sedimentológicos na Bacia do Rio Coxipó**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2003. (Dissertação de mestrado).
- Rocha, P. C.; Souza Filho, E. E. Erosão marginal e evolução hidrodinâmica no sistema rio-planície fluvial do Alto Paraná-Centro Sul do Brasil. In: Nunes, J. O. R.; Rocha, P. C. (Orgs.). **Geomorfologia: aplicação e metodologias**. São Paulo: Expressão Popular, 2008. p. 133-154.
- Salomão, F. X. T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: Guerra, A. J. T.; Silva, A. S.; Botelho, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 229-265.
- Salomão, F. X. T. **Composição e morfologia de solos**. Cuiabá: UFMT, 2010.

- Salomão, F. X. T.; Iwasa, O. Y. **Erosão e ocupação rural e urbana**. São Paulo: ABGE/IPT, 1995. (4º Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente).
- Salomão, F. X. T.; Madruga, E. L. **Projeto recuperação do Rio Cuiabá**. Cuiabá: UFMT, 2011. (Relatório técnico).
- Santos, D. N. Mineração de areia em canais fluviais de grandes rios tropicais: análise na extração de areia no Alto Curso do Rio Paraná entre os Municípios de Marilena e Guaíra-PR. **Revista Espacio**, v. 36, n. 13, 2015.
- Silva, W. C. **Mapeamento geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Coxipó-MT, escala 1:100.000**. Cuiabá: UFMT, 2009. (Dissertação de mestrado).
- Siqueira, E. M. **A ocupação pioneira da Região do Rio Cuiabá Abaixo**. Cuiabá: IHGMT, 1997.
- Siqueira, E. M. **História de Mato Grosso**: da ancestralidade aos dias atuais. Cuiabá: Entrelinhas, 2002.
- Souza, C. A.; Cunha, S. B. Pantanal de Cáceres-MT: dinâmica das margens do Rio Paraguai entre a Cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã-MT. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros - Seção Três Lagoas-MS**, v. 1, n. 5, p. 18-42, 2007.
- Zachar, O. **Soil erosion**. Amsterdam: Elsevier, 1982.



Informação da Licença: Este é um artigo Open Access distribuído sob os termos da Licença Creative Commons Attribution, que permite uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que a obra original seja devidamente citada.