

O USO E COBERTURA DAS TERRAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO TAQUARAL, BONITO, MATO GROSSO DO SUL

Rafael Brugnolli Medeiros

Doutor em Geografia pela Universidade Federal da Grande Dourados - Laboratório de Geografia Física
rafael_bmediros@hotmail.com

Lorrane Barbosa Alves

Doutoranda em Geografia pela Universidade Federal da Grande Dourados - Laboratório de Geografia Física
lorrane.iza@bol.com.br

Resumo

Este estudo teve por objetivo analisar, de forma multitemporal, o uso e cobertura das terras nos anos de 1984 e 2017 na bacia hidrográfica do córrego Taquaral, Bonito/Mato Grosso do Sul, auxiliando na identificação de possíveis problemas ambientais decorrentes da supressão da vegetação e aumento das áreas de lavouras nas proximidades da Serra da Bodoquena, fato que é característico na região de Bonito desde o início do século XXI. Para tanto, utilizou-se imagens de satélite com o auxílio dos softwares Spring 5.2.7 (INPE) e ArcGis 10® (ESRI). Diante disso, a supressão da vegetação florestal foi evidente, por mais que ainda permaneça com predominância devido à preservação do Parque Nacional - PARNA da Serra da Bodoquena, nota-se uma substituição da vegetação florestal e pastagens para lavouras de soja que abastecem o mercado global de *commodities*, trazendo uma pressão sobre o PARNA. Concluindo que essas alterações se tornaram preocupantes para a preservação da vegetação ainda existente na BHCT, possibilitando recomendações que vão desde a manutenção desses remanescentes florestais, recuperação das áreas de preservação permanente e alterações nos manejos atuais das culturas e pastagens; fato que possibilitaria uma melhora no contexto ambiental da bacia em questão.

Palavras-chave: Parque Nacional da Serra da Bodoquena; Lavouras de soja; Vegetação florestal; Recursos hídricos.

THE USE AND COVERAGE OF THE LAND OF THE HYDROGRAPHIC BASIN IN THE TAQUARAL STREAM, BONITO, MATO GROSSO DO SUL

Abstract

This study aimed to analyze, in a multitemporal way, the use and coverage of land in 1984 and 2017 in the watershed of the Taquaral stream, Bonito/Mato Grosso do Sul, helping to identify possible environmental problems arising from the suppression of vegetation and increase in crop areas near the Serra da Bodoquena, a fact that is characteristic in the region of Bonito since the beginning of the 21st century. To this end, satellite images were used with the Spring 5.2.7 (INPE) and ArcGis 10® (ESRI) software. As a result, the suppression of forest vegetation was evident, even though it still remains predominant due to the preservation of the Serra da Bodoquena National Park - PARNA, one can notice a substitution of forest vegetation and pastures for soybean plantations that supply the global commodities market, bringing pressure on the PARNA. In conclusion, these changes have become a cause for concern for the preservation of the vegetation that still exists in the BHCT, leading to recommendations ranging from the maintenance of these forest remnants, recovery of permanent preservation areas and changes in the current management of crops and

pastures; a fact that would allow an improvement in the environmental context of the basin in question.

Key words: Serra da Bodoquena National Park; Soybean crops; Forest vegetation; Water resources.

USO Y COBERTURA DE LA TIERRA DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA EN LA CORRIENTE TAQUARAL, BONITO, MATO GROSSO DO SUL

Resumen

Este estudio tuvo como objetivo analizar, de manera multitemporal, el uso y la cobertura del suelo en 1984 y 2017 en la cuenca del arroyo Taquaral, Bonito/Mato Grosso do Sul, ayudando a identificar posibles problemas ambientales derivados de la supresión de la vegetación y el aumento de las áreas de cultivo cerca de la Serra da Bodoquena, un hecho característico en la región de Bonito desde el comienzo del siglo XXI. Para ello, se utilizaron imágenes de satélite con los programas Spring 5.2.7 (INPE) y ArcGis 10® (ESRI). Ante esto, la supresión de la vegetación forestal fue evidente, aunque todavía sigue siendo predominante debido a la preservación del Parque Nacional - PARNA de la Serra da Bodoquena, se observa una sustitución de la vegetación forestal y de los pastos por los cultivos de soja que abastecen el mercado mundial de materias primas, trayendo presión sobre el PARNA. En conclusión, estos cambios se han convertido en preocupantes para la preservación de la vegetación aún existente en la BHCT, permitiendo recomendaciones que van desde el mantenimiento de estos remanentes forestales, la recuperación de áreas de preservación permanente y cambios en el manejo actual de cultivos y pastos; hecho que permitiría una mejora en el contexto ambiental de la cuenca en cuestión.

Palabras-clave: Parque Nacional Serra da Bodoquena; Cultivos de soja; Vegetación forestal; Recursos hídricos.

Introdução

O uso e cobertura das terras traduzem as relações físicas e socioeconômicas indispensáveis em pesquisas ambientais, sobretudo àquelas relacionadas as bacias hidrográficas, de modo a subsidiar diagnósticos e prognósticos voltados ao planejamento ambiental e ordenamento territorial. De fato, atualmente, os resultados das ações antrópicas, ditas aqui sob a perspectiva da Sociedade, estão intrínsecos nas paisagens que, por sua vez, já perderam boa parte de suas características naturais.

Não negasse o fato de que a sociedade e a natureza andam atreladas e em conexão recíproca para se desenvolverem e existirem. A primeira gera nas bacias hidrográficas uma (re)definição e (re)estruturação de seus aspectos naturais. Entender tal dinâmica é fundamental para os estudos desenvolvidos no âmbito da ciência geográfica, tanto em suas pesquisas básicas quanto aplicadas.

Entender as bacias hidrográficas enquanto manifestação de geossistemas e, por conseguinte, uma junção de unidades ambientais (paisagens e geossistemas) e/ou unidades territoriais (municípios, estados e países), possibilita preconizar informações capazes de

apresentar modelos de planejamento integrado em que seus componentes ambientais e sociais são compreendidos no contexto de suas relações sistêmicas, o que tem conduzido o conceito de gestão de bacias hidrográficas à um novo panorama.

Panorama este que possibilita entender as paisagens e, conseqüentemente as bacias hidrográficas, não como algo estático, isento de dinâmica, mas caracterizado pelas várias inter-relações entre os meios visíveis e não visíveis (Venturi, 2018). Enfocar na escala local (caso desta pesquisa), possibilita utilizar as bacias hidrográficas sob a lógica geossistêmica e sob o potencial teórico-metodológico da interface sociedade *versus* natureza (Neves e Salinas, 2017).

E é nessa relação que temos que pensar o Mato Grosso do Sul, um Estado em que há uma inserção massiva de atividades que alteram de modo significativo a dinâmica e inter-relações dos componentes de suas bacias hidrográficas. A monocultura no Mato Grosso do Sul permeia, desde o século passado, caminhos atrelados a implantação dos cultivos comerciais de eucaliptos, na região leste; soja e cana, na região centro-sul; e soja e milho, na região sudoeste do Estado, mais precisamente no município de Bonito.

Este município remonta um processo de ocupação marcante desde meados do século XX, ainda com a instalação de grandes pastagens para criação de rebanho bovino em todo o planalto da Bodoquena. As pastagens, primeiramente, destacaram-se em Bonito e, em consequência desta atividade, intensificou-se a retirada da vegetação florestal nativa (Mata Atlântica e Cerrado), até que, conforme Silva (2015), o turismo começou suas atividades por volta da década de 1980, com sua consolidação na década de 1990. A partir deste momento histórico, deu-se início um novo ciclo econômico embasado na atividade turística que, de acordo com as colocações de Ribeiro (2017) e Brugnolli (2020), busca o relevo dissecado, vegetações florestais e a água como seus principais atrativos.

Concomitantemente, na década de 1980, iniciou uma transição das áreas de pastagens para a monocultura da soja, sobretudo na região sul e sudoeste do Estado, porém, na década seguinte, as monoculturas foram reduzidas, retomando-se um processo de ocupação pelas culturas de soja mais intensivo no início do século XXI. Juntamente a esses fatos, alguns questionamentos surgiram acerca da utilização desarmônica do meio físico e trouxeram um embate entre o setor turístico, agropecuário e ambientalista da região, visto que essas áreas de culturas de soja adentraram com veemência na região de Bonito e, em muitos locais, como apontado em trabalhos de Ribeiro (2017) e Brugnolli (2020), invadem

as áreas de preservação permanente e a chamada Faixa de Proteção Especial, esta última, uma legislação promulgada em 1998 que proíbe, em 300 metros de largura – 150 para cada lado da margem dos rios, as atividades de agricultura, extração de madeira e indústrias. Fato que realmente não vem sendo respeitado na área, o que pressiona os recursos naturais.

Sabe-se que as bacias hidrográficas são unidades territoriais muito utilizadas para a implementação de diversas ações como planejamento e gestão de recursos hídricos, sobretudo desde a implementação da Lei nº 9.433 (BRASIL, 1997), em que sua utilização visa o uso racional e equilibrado dos recursos naturais. Para tanto, esse trabalho selecionou a Bacia Hidrográfica do Córrego Taquaral (BHCT) como área de estudo, que exhibe, como principal característica, um modelo econômico voltado para a produção de *commodities*, ao passo que o substrato rochoso é predominantemente formado por rochas carbonatadas e solúveis, ou seja, um geossistema cárstico, que apresenta alta fragilidade.

Tratando a bacia hidrográfica como um sistema, toda ocorrência de eventos antrópicos que lhe são inseridas, interfere em sua dinâmica causando impactos na qualidade das águas, no empobrecimento do solo, na redução da biodiversidade, no desenvolvimento de processos erosivos, na redução da capacidade de infiltração, entre outras implicações.

Isto posto, a análise do uso e cobertura das terras da BHCT torna-se um instrumento essencial, pois revela os principais elementos que a compõe, bem como possibilita ter uma ideia de sua dinâmica, controlada pelo substrato cárstico. Diante de tal característica e fragilidade, as discussões sobre os diversos usos no carste ganham destaque neste estudo, pois, como retratado por De Waele et al. (2011), a ação antrópica neste geossistema está se direcionando a impactos negativos drásticos atualmente, por conta do uso das terras sem o devido manejo. O carste apresenta uma complexidade e um comportamento peculiar, que requer um estudo especializado, mas comumente evitado.

Outra questão importante na relação agricultura *versus* carste diz respeito a prevalência de drenagem subterrânea, com a presença de diaclases na rocha, o que possibilita a rápida circulação das águas e, conseqüentemente, de contaminantes que são inseridos em sua dinâmica, como os agroquímicos e pesticidas das lavouras.

De fato, existem lacunas nos estudos em bacias hidrográficas cársticas e que tratem o uso das terras como o componente mais impactante às instabilidades do terreno (Vestena, Kobiyama e Santos, 2002; Van Beynen e Van Beynen, 2011). Logo, estudar a BHCT diz respeito a adentrar em uma área ímpar devido as particularidades de sua paisagem, com

poucos estudos voltados ao arcabouço ambiental, em que se destaque o substrato rochoso carbonatado e as águas superficiais, que são cênicas. Por conta destas particularidades torna-se necessário sua conservação.

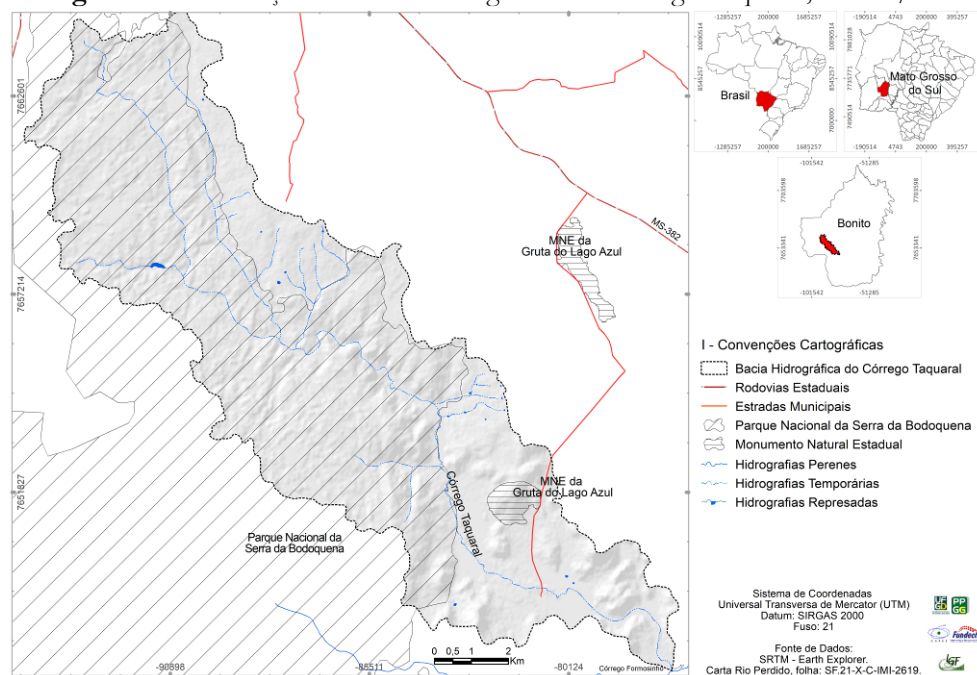
Somado a isso, há ainda importantes resquícios de vegetação nativa, sobretudo nas Unidades de Conservação (UC's), como exemplo o Parque Nacional (PARNA) da Serra da Bodoquena e o Monumento Natural Estadual (MNE) Gruta do Lago Azul, que desempenham papel central em preservar e conservar os remanescentes florestais e o carste.

Em face ao exposto, essa pesquisa objetivou analisar o uso e cobertura das terras da BHCT por meio de uma interpretação multitemporal nos anos de 1984 (década em que inicia com mais veemência a entrada das culturas de soja na região de Bonito) e 2017 (culturas de soja já consolidadas e em contínua expansão), buscando oferecer subsídios para ações de planejamento e gestão ambiental, tanto por apresentar a evolução do uso das terras, dando indícios dos agentes transformadores da paisagem local, quanto para identificar possíveis impactos negativos na paisagem.

Área de Estudo: localização e breve caracterização fisiográfica

A BHCT está situada no município sul-mato-grossense de Bonito, que abrange uma área de 106,05 km², sendo afluente do córrego Formosinho, importante manancial de Bonito por suas atratividades turísticas, translucidez das águas, carste e muitas unidades de conservação com importantes remanescentes florestais. No alto curso da bacia está situado o PARNA da Serra da Bodoquena (Figura 01).

Figura 01. Localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Taquaral, Bonito/MS

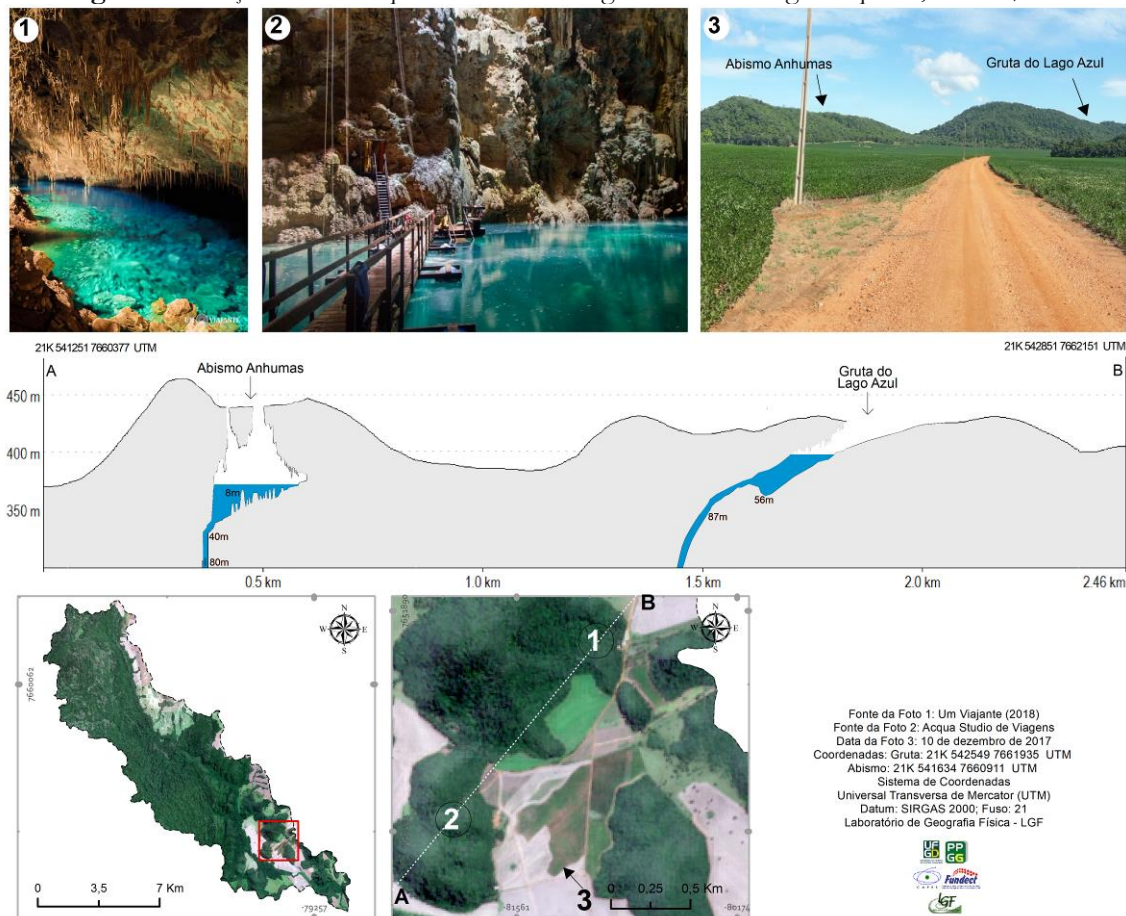


Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

A caracterização se inicia com o destaque feito ao elemento cárstico, responsável, em grande parte, por feições específicas na paisagem, com algumas descrições já retratadas. O conjunto indissociável de feições cársticas é resultante da influência, primeiramente, do substrato rochoso (carbonatado) e, posteriormente, das ações climáticas, que procederam em uma carstificação da paisagem e determinou muitas das características pedológicas reinantes.

A BHCT possui dois compartimentos muito claros do relevo, o mais elevado situa-se na Serra da Bodoquena, alcançando cotas de 740 metros de altitude e revelando pavimentos cársticos com vales encaixados. Há um predomínio de rochas carbonatadas da Formação Bocaina, que compreendem calcários calcíticos com intercalações de siltito e arenito (Almeida, 1965). Nessas áreas há o preponderância de feições ligadas à dolinas, dutos subterrâneos, sumidouros, (re)surgências, espeleogênese (cavernas), entre outras feições, conforme pode ser visualizado na Figura 2.

Figura 02. Feições de destaque na Bacia Hidrográfica do Córrego Taquaral, Bonito/MS



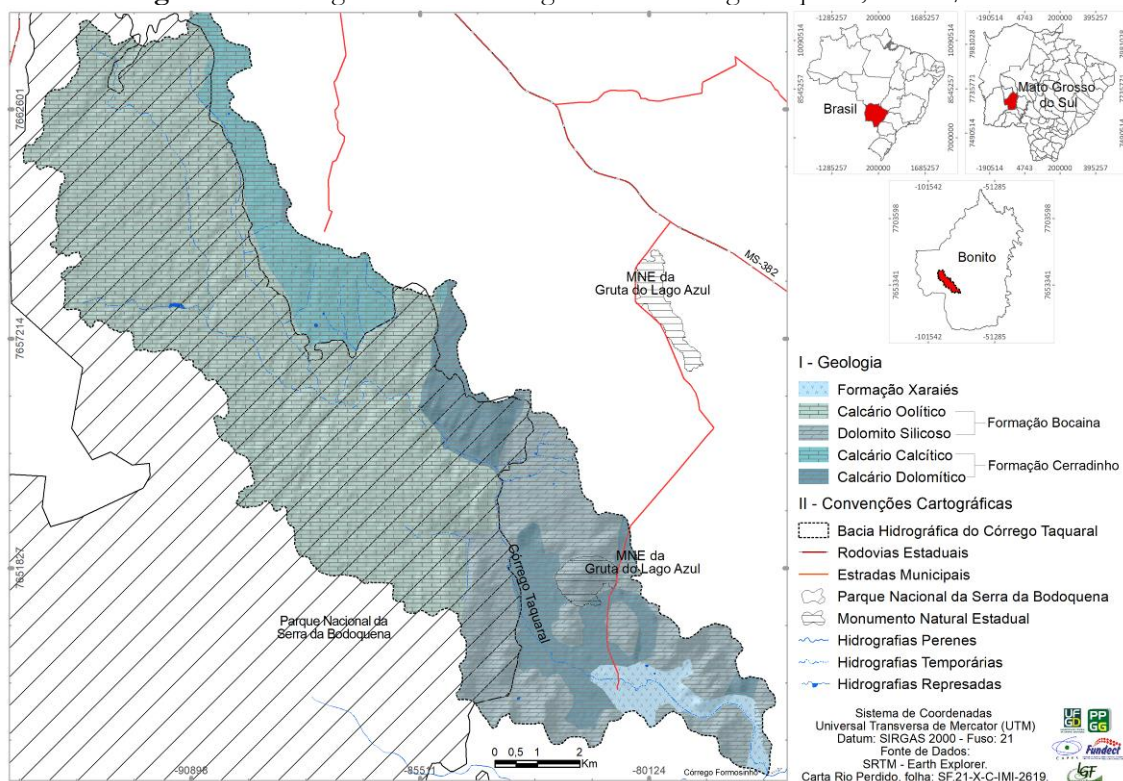
Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Os declives do primeiro compartimento podem alcançar acima de 75%, classificando-os como montanhoso e, em alguns pontos, escarpados. Isso faz com que o córrego Taquaral tenha planícies restritas, modificando tal característica no segundo compartimento, próximo a 500 metros de altitude. Assim, este último apresenta declives de 0,00% a 8,00%, que a faz ser classificada como aplainada a suavemente ondulada, com planícies mais amplas. As rochas passam a ter característica das formações Bocaina e Cerradinho, porém, compreendendo a subunidade dolomítica, que são sedimentos detríticos de dolomitos, com uma espessura de poucas centenas de metros. Os dolomitos são cinza-claros, maciços em lâminas, com camadas alternadas de modo rítmico com os calcários (Almeida, 1965).

Já próximo à foz do córrego Taquaral, há a Formação Xaraiés (Figura 03), rochas carbonatadas do período Quaternário, bastante irregular e um verdadeiro depósito de incrustações, quase sempre ausente de qualquer estrutura sedimentar (Baptista, Braun e

Campos et al., 1984). De acordo com o mesmo autor, essa formação representa a sedimentação em diversos compartimentos geomorfológicos. Esses depósitos são ainda relativamente pouco conhecidos e, genericamente, agrupados como coluviais e aluviais, porém, são correlativos de importantes fases de evolução geológica, que marcaram profundamente a paisagem atual (Sallun Filho, Karmann e Boggiani, 2007).

Figura 03. Geologia da Bacia Hidrográfica do Córrego Taquaral, Bonito/MS



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Tais unidades morfoestruturais influenciam veementemente nos solos da BHCT, com a presença dos calcários que trazem uma fertilidade natural, evidenciando o chernossolo rênzico órtico como solo predominante que, segundo a EMBRAPA (2013), é um dos solos mais férteis conhecidos, todavia, apresentam alto grau de suscetibilidade erosiva. Por outro lado, salienta-se que sua camada superficial é rica em matéria orgânica e com altos teores de nutrientes, somado a isso, o relevo plano do segundo patamar favorece a mecanização agrícola, o que tornam essas áreas propícias às plantações perenes e temporárias, como a soja.

Em decorrência das formações litológicas, os componentes presentes na paisagem são influenciados por estas, com isso, os solos predominantes têm um pH alcalino e as águas superficiais exibem uma turbidez extremamente baixa, pois o alto teor de cálcio das rochas faz com que os sedimentos suspensos na água decantem naturalmente no leito fluvial. Já o pH alcalino faz com que ocorra incrustações derivadas dessa deposição no leito fluvial, fazendo com que os sedimentos solidifiquem com o transpassar das águas, o que os torna mais resistentes, proporcionando as tufas calcárias, e que segundo Sallun Filho et al., (2009) e Brugnolli (2020), Bonito se destaca na América do Sul como o maior registro de tufas, porém, é extremamente frágil a degradação, apresentando extrema beleza e potencial turístico e ambiental.

Procedimentos Metodológicos

Base Cartográfica

A metodologia consistiu, em um primeiro momento, no levantamento de referenciais bibliográficos sobre a área de estudo e das temáticas trabalhadas, como o geossistema cárstico, uso e cobertura das terras, interação entre os elementos da paisagem, dentre outros, por meio de pesquisas já realizadas, com base em artigos científicos, dissertações, teses e livros. Posteriormente, iniciou-se a delimitação da BHCT utilizando-se, como base cartográfica, a carta topográfica Rio Perdido, folha: SF.21-X-C-IMI-2619, disponibilizada pela Diretoria de Serviço Geográfico do Brasil (DSG), com apoio em fotografias aéreas, datadas de 1966 e impressas no ano de 1973, em escala de 1:100.000. Para o manuseio dessa carta em ambiente de Sistema de Informação Geográfica - SIG foi utilizado o ArcGis 10[®], efetuando o seu georreferenciamento. No processo de delimitação da área aproveitou-se do Modelo Digital de Elevação (MDE) da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), disponibilizado pelo *United States Geological Survey* (USGS).

Partiu-se, então, para a definição das unidades de conservação existentes na BHCT, tanto o PARNA da Serra da Bodoquena, expressa pelo Decreto sem número de 21 de setembro de 2000 (Brasil, 2000), quanto o MNE da Gruta do Lago Azul, que abrange o Decreto 10.394 de 11 de junho de 2001 (Mato Grosso do Sul, 2001).

Processamento digital de imagens de satélite: uso e cobertura das terras

Essa etapa da metodologia emana dos preceitos que permeiam o processamento digital de imagens de satélite, utilizando os SIG's Spring 5.2.7 e ArcGis 10[®] na análise multitemporal, em dois períodos (1984 e 2017). Portanto, adquiriu-se imagens por meio do catálogo do Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE), para as imagens Landsat 5, sensor TM, do ano de 1984, órbita 224, ponto 75, datadas de 11 de abril. Já para o ano de 2017 utilizou-se a Sentinel 2A, sensor MSI, órbita 135, ponto 101, datadas de 15 de março, disponibilizada pela USGS.

Para o processamento digital das imagens e sua classificação de uso e cobertura das terras optou-se pela proposta de Brugnolli (2016, 2020), que consiste na sequência de algumas etapas:

a) Criação do Banco de Dados Geográficos no ArcGis 10[®]: inicialmente foram adicionadas as imagens de satélite e efetuou os primeiros tratamentos, como a alteração dos sistemas de coordenadas que tais imagens estavam inseridas, para a Universal Transversa de Mercator (UTM), juntamente com a mudança do sistema de referência (da WGS 1984 para SIRGAS 2000), adotando a zona 21 sul.

b) Composições das Bandas: consiste no georreferenciamento da imagem Landsat 5 e na composição de bandas (*Red – R, Green – G, Blue – B*), permitindo que assinaturas espectrais evidenciem o uso e cobertura das terras da área. Para tanto, utilizou-se as bandas 3, 4 e 5 da Landsat 5 e as bandas 2, 3 e 4 da Sentinel 2A.

c) Criação do Banco de Dados Geográficos no Spring 5.2.7: em que se define as coordenadas e adiciona-se as imagens para realizar os procedimentos posteriores.

d) Realce no Spring 5.2.7: consiste em equalizar histograma, medida essencial para realçar as assinaturas espectrais, trazendo diferenciações de suas colorações, procedendo em melhores resultados na segmentação.

e) Segmentação no Spring 5.2.7: consiste na separação (por regiões) das assinaturas espectrais, utilizando os valores de similaridade um (1) e para área (pixels) cinco (5). Valores considerados satisfatórios diante do objetivo principal desta pesquisa.

f) Classificação no Spring 5.2.7: cada seguimento é separado e classificado por meio de temas, cada qual com sua natureza espectral, definindo assim, que quanto mais temas trabalhados maior será a diferenciação das assinaturas espectrais. Logo, utilizou-se o limite

imposto pelo SIG Spring 5.2.7 (50 temas) por meio do classificador Histograma, que é um *clustering* de regiões, definindo cinquenta tons de assinaturas diferentes, o que tende a reduzir possíveis conflitos no procedimento a seguir, isto é, a reclassificação.

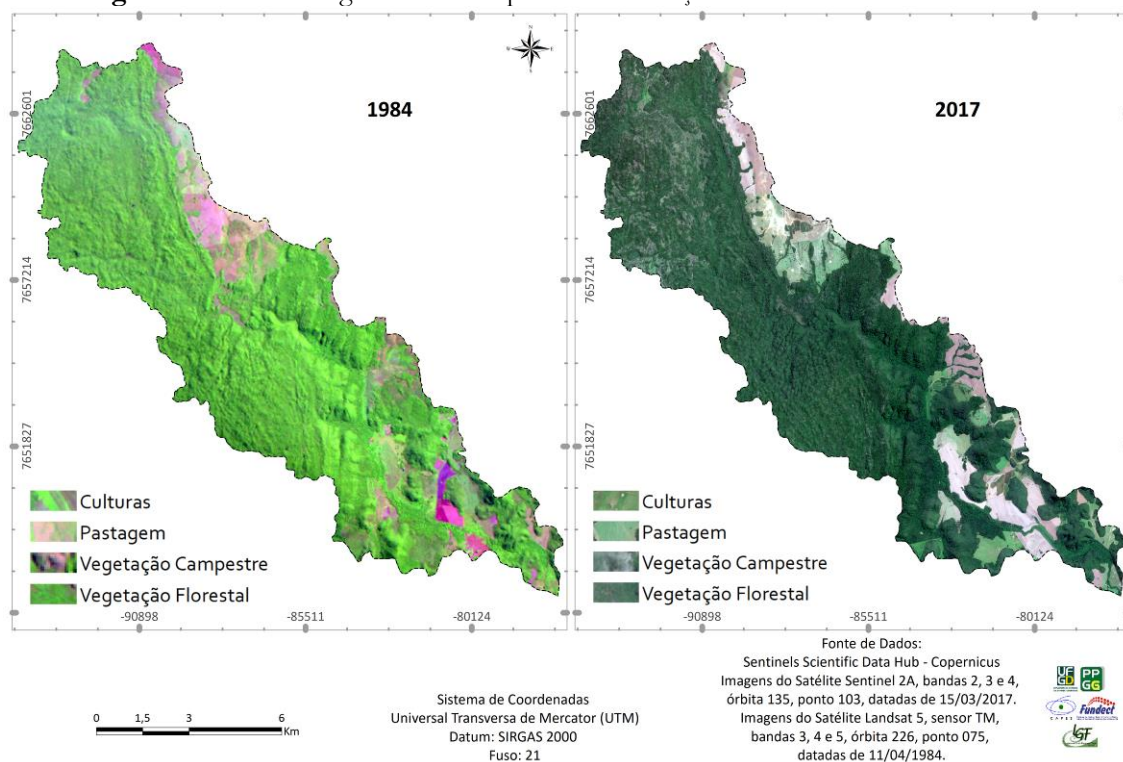
g) Reclassificação das Classes: última etapa realizada, com a exportação dos dados para o SIG ArcGis 10[®], consistindo na conferência dos segmentos com a realidade exposta na imagem de satélite, saídas de campo e conhecimento empírico dos pesquisadores acerca da área de estudo e sobre a interpretação de imagens de satélite, com seu comportamento mediante relevo, textura, coloração, forma, entre outras (Quadro 01 e Figura 04).

Quadro 01. Características que definiram as classes de uso e cobertura das terras

Classes	Características que definiram as classes	Assinaturas espectrais
Culturas	Cultivo de soja, seja ela já plantada ou sendo preparada (solo exposto) para o próximo plantio.	Possuem assinaturas desde a coloração esverdeada até rosa, mostrando uma textura linear e uniforme.
Pastagem	Vegetação rasteira, utilizadas para criação de gado.	Classe que varia suas assinaturas espectrais, seja pela umidade do solo, relevo e por possuir uma textura variada. Logo, exibe cores esverdeadas claras, com manchas de verde-escuro.
Vegetação Campestre	Predomínio de uma vegetação natural, nativa da região, seja com árvores do cerrado ou outras vegetações rasteiras.	Cores esverdeadas claras, com ampla heterogeneidade das formas e texturas.
Vegetação Florestal	Classe natural, com vegetações de porte elevado, seja de cerradão, resquícios de mata atlântica e florestas-galeria.	As assinaturas são verde-escuras, com textura e forma variada.
Massas de Água	Representa a rede de drenagem. Esta classe apresenta distorções inerentes à classificação, pois os pequenos mananciais são encobertos pelas copas das árvores, modificando o valor exato para sua classe.	Cores azuladas de todos os tons.

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Figura 04. Cartas-imagem utilizadas para a classificação do uso e cobertura das terras



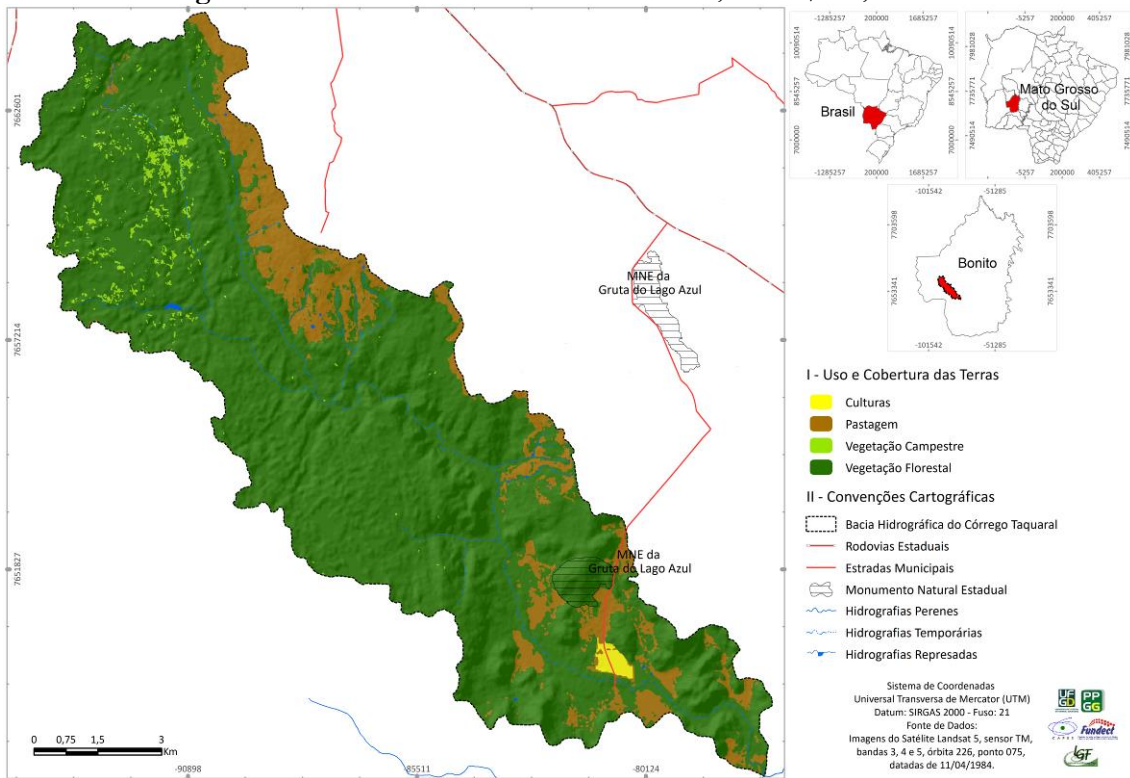
Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Dessa forma, foram encontradas quatro classes de uso e cobertura das terras (Culturas, Pastagem, Vegetação Campestre e Vegetação Florestal), somando-se as massas de água. Aplicando para cada uma das classes encontradas, cores temáticas que auxiliam na visualização.

Resultados e Discussões

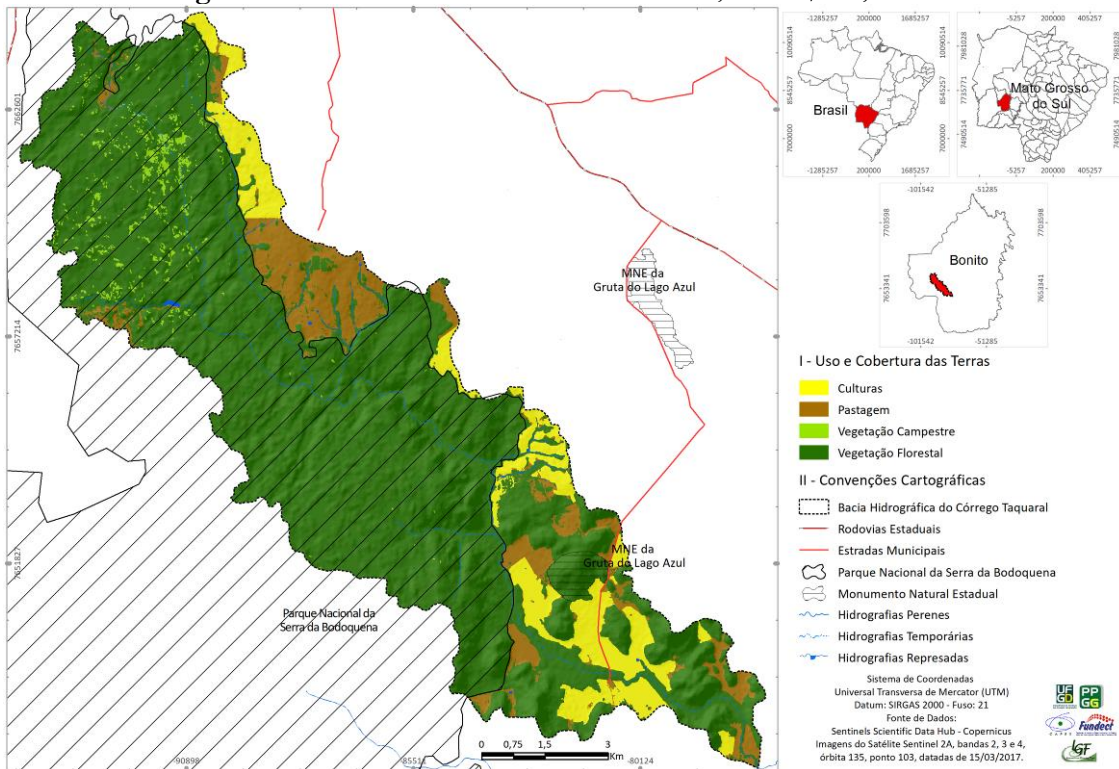
A análise multitemporal tem como proposta principal, identificar mudanças no uso e cobertura das terras nos anos de 1984 e 2017, visualizando alterações nas vegetações campestres e florestais (nativas) e recursos hídricos, o que vislumbra possíveis impactos e possibilita tomadas de decisões para uma melhoria do quadro ambiental (Figura 05, Figura 06 e Tabela 01).

Figura 05. Uso e cobertura das terras da BHCT, Bonito/MS, em 1984



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Figura 06. Uso e cobertura das terras da BHCT, Bonito/MS, em 2017



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Tabela 01. Evolução do uso e cobertura das terras da BHCT, Bonito/MS, em 1984 e 2017

Classes	1984		2017			
	Área	Área	Área	Variã o em relaçã o ao ano de 1984	Área	Variã o em relaçã o ao ano de 1984
	(km ²)	(%)	(km ²)	(km ²)	(%)	(%)
Culturas	0,47	0,44	15,07	14,60	14,21	13,77
Pastagem	17,16	16,18	10,92	-6,24	10,30	-5,88
Vegetação Campestre	0,58	0,55	0,52	-0,06	0,49	-0,06
Vegetação Florestal	86,94	81,98	78,84	-8,10	74,34	-7,64
Massas de Água	0,90	0,85	0,70	-0,20	0,66	-0,19

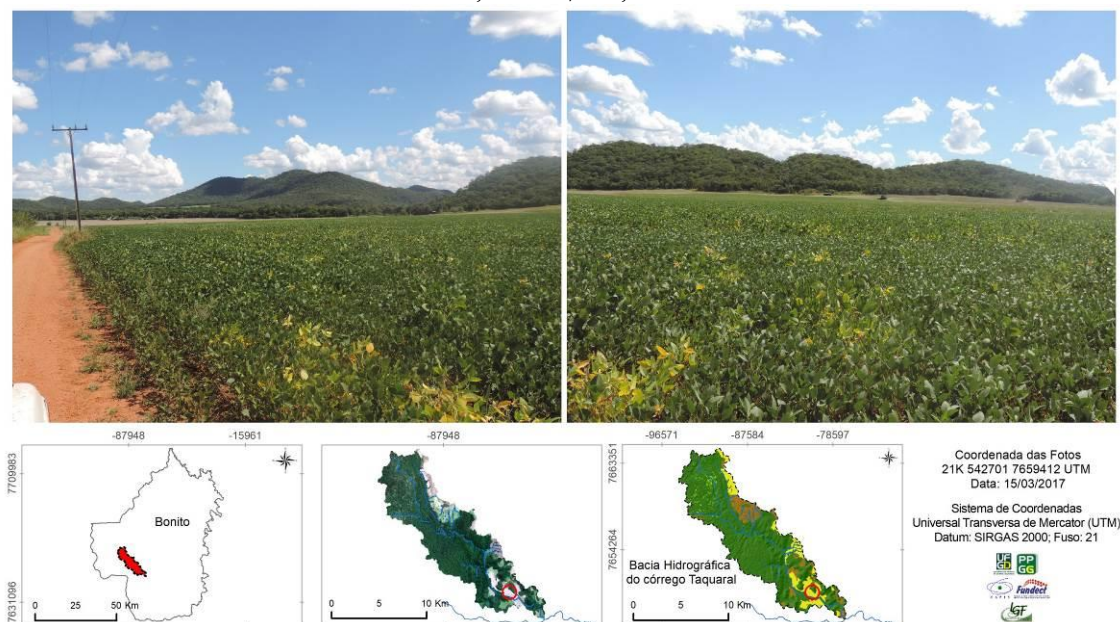
Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

A análise multitemporal se inicia com a interpretação de que o uso e cobertura das terras está profundamente relacionado às características que são peculiares da BHCT, como o carste. Van Beynen e Van Beynen (2011) afirmam que tais geossistemas são cada vez mais alterados pela ação humana, seja pelo uso intensivo das terras, como pelas áreas de mineração para a extração do calcário. Liu et al. (2014) e Gillieson e Thurgate (1999) ainda resgatam a ideia de que os geossistemas cársticos são áreas extremamente frágeis (baixa resistência mecânica das rochas e as instabilidades do relevo) e diante dessa mudança massiva no uso e cobertura das terras, sobretudo pela agricultura, podem proporcionar abatimentos de dolinas, dependendo dos dutos e diaclases do substrato.

Tais culturas alcançam até o tálus da borda leste da Serra da Bodoquena, além de adentrarem as proximidades de recursos hídricos no médio e baixo curso, em que há uma retirada da mata ciliar e invasão às margens de tributários temporários, impactando na quantidade das águas superficiais do córrego Taquaral (Brugnolli, 2020). Além disso, notou-se que as culturas suprimem vegetações (árvores) ao longo das terras ocupadas e reduzem as áreas de sombreamento em seu entorno.

Na BHCT essa situação não é diferente, uma das mudanças que ficaram nítidas é a implantação das atividades agrícolas ligadas ao plantio de soja, que vem adentrando massivamente as bordas da Serra da Bodoquena, mormente em áreas denominadas de poljes, que são terrenos cársticos aplainados derivados da dissolução do calcário (Figura 07).

Figura 07. Lavouras de soja são predominante nas áreas de poljes do geossistema cárstico da BHCT, Bonito/MS, em 2017



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Esse avanço fez com que elevasse as áreas de monoculturas de 0,47km² para 15,07km² em um hiato de 33 anos. Valores que podem ser pouco extensos, entretanto, ao notar apenas aquelas áreas externas ao PARNA da Serra da Bodoquena, que não são em sua totalidade “protegidas” pelas questões legais, acabam por serem totalmente alteradas no período analisado.

As entradas de culturas, assim como todas as formas de ocupação em uma bacia hidrográfica, devem levar em consideração sua capacidade/potencial de uso, a fim de causar menos conflitos perante sua utilização atual. A área da BHCT está situada sobre rochas frágeis como os calcários calcíticos e dolomíticos, somado ao chernossolo, que apresenta uma capacidade denudacional elevada.

Ao mesmo tempo que são áreas produtivas devido à fertilidade advinda do calcário e um relevo aplainado, existem agruras ligadas à capacidade de instabilidades no terreno e ao agravamento da contaminação por agroquímicos, uma vez que os contaminantes têm uma maior facilidade à percolação pelas diaclases da rocha, atingindo as águas subterrâneas com maior facilidade. Por sua vez, a água superficial em geossistemas cársticos apresentam íntima influência hidrogeológica, logo, sua contaminação é facilitada.

Assim, existem diversas formas para minimizar impactos ambientais, como práticas conservacionistas, rotação de culturas e mecanização que permita que o solo seja lavrado e

gradeado e que, devido a algumas características dos solos, elevam ou não a propensão às erosões. Isso faz com que exista uma modificação, não apenas na vegetação, mas também na energia imbuída na morfologia cárstica. Todavia, De Waele et al. (2011) afirma que o manejo em geossistemas cársticos é extremamente complexo, sendo necessário uma análise aprofundada das características da área, que o profissional seja habilitado e tenha capacidade e experiência em lidar com esses tipos de sistemas ambientais.

Esse avanço das culturas é o âmago das preocupações ambientais do município de Bonito. Ambientalistas, ruralistas e empresários ligados ao setor turístico tem travado duras discussões acerca do impacto dos sedimentos e resíduos transportados das culturas pelas águas pluviais, que vem ocasionando recorrentes turvamentos das águas, o que gera impactos muitas vezes irreversíveis em um geossistema cárstico. Tais turvamentos ocorrem sobretudo após o início deste século.

Ribeiro (2017), Brugnolli, Berezuk e Silva (2019) e Brugnolli (2020) edificam essa discussão, afirmando que um dos principais problemas ambientais no município está ligado às águas superficiais, na medida em que o manejo inadequado do solo pela agricultura é considerado o principal causador desse turvamento e ocasiona a obliteração de sumidouros, possíveis abatimento de dolinas, poluição de reservatórios e aquíferos cársticos, bem como o uso constante dos aquíferos para irrigação e sua consequente perda da capacidade natural de reabastecimento.

Outra atividade, não menos impactante negativamente, são as pastagens, que abrangeram um total de 17,16km² em 1984, passando para 10,92km² em 2017. Essa queda ocorreu devido a sua substituição para culturas de soja, em todas as regiões da BHCT. São locais, em sua maioria, utilizadas desde meados do século XX para a pecuária. Na BHCT como um todo, o processo de “limpeza” da vegetação nativa em substituição por espécies exóticas, no caso das culturas, principalmente, mas também as pastagens, pode causar mudanças nos regimes hidrológicos, que incluem os períodos de cheias/secas, mudanças nos níveis freáticos e na qualidade da água, com o aumento da turbidez, enriquecimento de nutrientes e a introdução de poluentes químicos. Além de impactar de forma direta o banhado do rio Formoso, localizado a jusante da BHCT, importante refúgio da biodiversidade e uma extensa área úmida abastecida pelo regime hidrológico do geossistema cárstico da Serra e Planalto da Bodoquena.

A vegetação campestre trouxe consigo algumas diferenças com relação às pastagens, segundo o IBGE (2013), a classe de vegetação campestre pode compreender uma pastagem ou campos com vegetação de porte baixo (nessa região, destaca-se os campos de cerrado), mas sempre relacionada à uma vegetação natural, em que podem ser encontradas vegetações ligadas à Floresta Estacional Semidecidual.

Portanto, essa classe de vegetação foi encontrada em meio às florestas, seja em topos de morros, bem como em clareiras abertas no extremo oeste e noroeste da BHCT. Até por isso, são pequenas áreas com pouca alteração entre os anos analisados, com 0,58km² em 1984 e 0,52km² em 2017, essa ligeira queda é em decorrência da entrada de pastagens no noroeste da bacia.

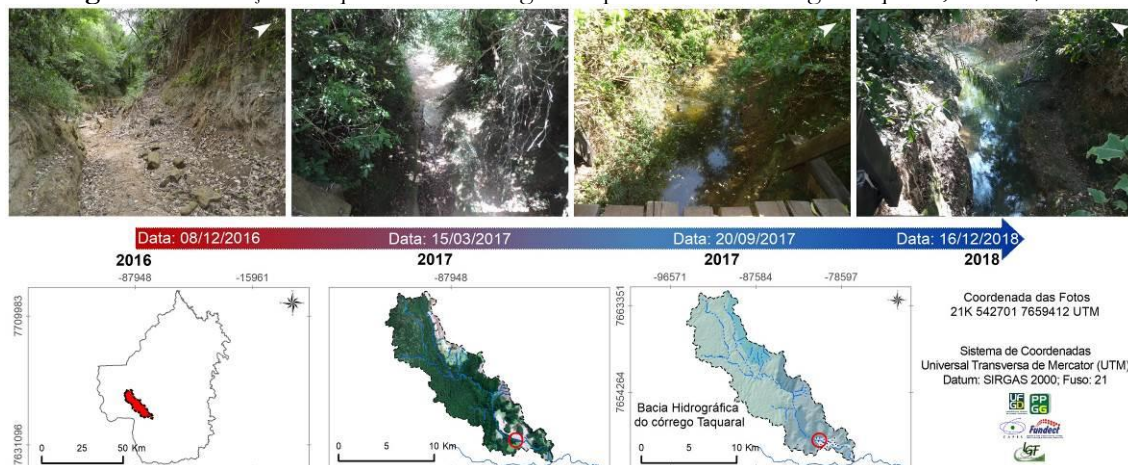
Com relação à vegetação florestal, essa mostrou uma redução preocupante na área da BHCT, que a fez alcançar 78,84km² em 2017, enquanto em 1984 abrangia 86,94km². Essas áreas se mantiveram mais estáveis no PARNA (apesar de já apresentar entrada de pastagens), que justamente tem a principal finalidade de preservar e conservar o seu valor ambiental, expressos pelas exuberantes vegetações florestais e rico arcabouço ambiental e turístico.

Essas áreas de vegetação florestal também ficaram expostas ao longo dos mananciais, na forma de florestas-galeria, mormente em 1984, pois em 2017 já apresentavam retiradas de vegetação no médio e baixo curso da BHCT, diante do avanço das culturas agrícolas. Apesar de apresentar boa conservação, com valores acima de 75%, torna-se preocupante a sua retirada nas bordas da Serra da Bodoquena, resultando em pressões sobre os mananciais e podendo impactar em sua qualidade e quantidade das águas, conforme Brugnolli (2020) destaca.

É justamente essas águas superficiais que se mostram em pouca quantidade, com todos os mananciais sendo considerados temporários, isso ocorre por três motivos principais: a) em geossistemas cársticos, como já afirmado em Bigarella, Becker e Santos (1994), Ford e Williams (2007), Brugnolli, Berezuk e Silva (2019) e Brugnolli (2020), há uma prevalência de drenagens verticais (criptorreicas), o que ocasiona em poucas drenagens superficiais; b) culturas e pastagens já adentraram grandes áreas de nascentes e de preservação permanente do médio e baixo curso da BHCT; c) o regime hidrológico em geossistemas cársticos são diferentes, podendo ocorrer uma alteração da vazão dos rios em alguns anos, com vazões maiores no inverno (Figura 08), pois durante as chuvas, essas águas podem percolar nas fendas e fissuras das rochas, sendo armazenadas no substrato, abastecendo os

mananciais em períodos de estiagem. Está em questões como essas, a dificuldade em prever a resposta do carste diante das características naturais e, principalmente, das ações antrópicas.

Figura 08. Variação na quantidade das águas superficiais do córrego Taquaral, Bonito/MS

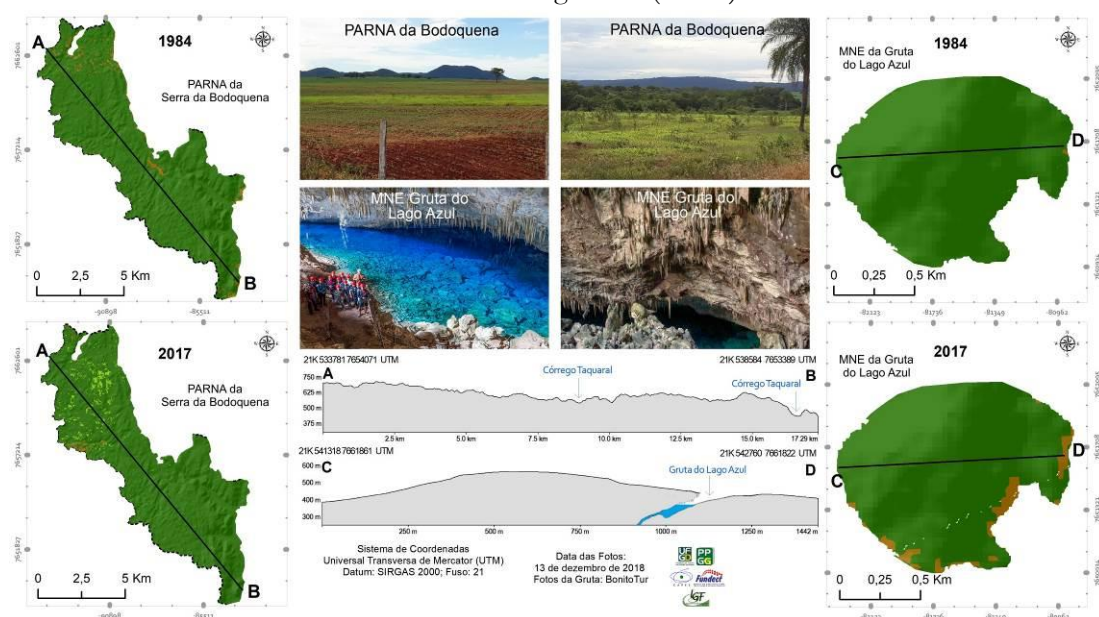


Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Algumas outras questões importantes a mencionar quando se trabalha com uso e cobertura das terras, é que na BHCT existem duas unidades de conservação como já citado anteriormente, o PARNA da Serra da Bodoquena e o MNE da Gruta do Lago Azul (Figura 09). A primeira foi criada, segundo Brasil (2000), pelo decreto sem número de 21 de setembro de 2000, que auxilia na preservação de seus padrões originais, tendo a principal finalidade de preservar os sistemas ambientais naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, e que possibilita realizar pesquisas científicas, desenvolver atividades de educação e interpretação ambiental, recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico.

O PARNA abrange uma área de 764,81km² de extensão, destes, 68,74km² estão localizados nos limites da BHCT, caracterizados pelos enclaves exuberantes de mata atlântica, em que se particulariza pelo relevo dissecado e rica diversidade de fauna e flora (Floresta Estacional Semidecidual). Entretanto, o PARNA da Serra da Bodoquena exhibe diversos problemas de implantação e manejo, mas representa um local essencial para a manutenção do equilíbrio dinâmico da BHCT, pois como afirma Boggiani et al. (2002), o PARNA é um reservatório subterrâneo das águas que ressurgem na planície à leste.

Figura 09. Unidades de conservação, como o PARNA da Serra da Bodoquena (esquerda) e a MNE Gruta do Lago Azul (direita)



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

O que se mostra preocupante é que a pressão exercida sobre o PARNA ocorre em praticamente toda sua borda leste, porém, por meio do mapeamento do uso e cobertura das terras, foi possível apontar que as culturas não adentram na área delimitada do Parque, mas o mesmo não pode se dizer sobre as pastagens, que avançam no extremo oeste. Mesmo ocupando apenas cerca de 4% das áreas do PARNA, essas pastagens são fruto do desmatamento da Serra da Bodoquena, logo, devem ser recompostas, cumprindo o que demanda a legislação federal.

Juntamente ao PARNA, o MNE da Gruta do Lago Azul surge, criado pelo decreto 10.394 de 11 de junho de 2001, com a importante finalidade de proteger as grutas e feições espeleológicas que compõem o complexo de cavernas da Serra da Bodoquena, com grande beleza e diversidade de registros geológicos, geomorfológicos, paleontológicos, espeleológicos, hidrogeológicos e biológicos.

Localizado a cerca de 20 km da sede municipal, esse atrativo é um dos principais pontos turísticos de Bonito e se subdivide em dois maciços rochosos com inquestionável riqueza ambiental: a própria Gruta do Lago Azul e a Gruta de Nossa Senhora Aparecida. Ribeiro (2017) afirma que as grutas, já em 1940, eram conhecidas pela população local e, atualmente, a Gruta do Lago Azul é o atrativo que mais recebe turistas em Bonito. É,

portanto, tombada desde 1978 pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional - IPHAN, o que garante sua preservação e restringe o acesso diário de turistas.

Destaca-se, portanto, que mesmo essa bacia considerada relativamente preservada e conservada, se comparada com outras bacias hidrográficas sul-mato-grossenses, deve ser levado em consideração que grande parte dos remanescentes florestais são áreas restritas legalmente e o seu declive acentuado dificulta o desmatamento, mesmo que em alguns casos isso já ocorra.

Diante disso, nas UC's diversos fragmentos florestais ainda permanecem intactos, porém, é necessário advertir que o avanço das atividades antrópicas por meio das culturas da soja e pastagens trazem problemas ambientais que necessitam e devem ser considerados, sobretudo ao tratar-se de um geossistema tão frágil como o cárstico, que apresenta baixa resiliência e alta sensibilidade dos componentes geomórficos e hidrológicos. Logo, diante de tais análises, tornou-se possível propor ações para mitigação e melhoria do contexto ambiental desta bacia hidrográfica.

Conclusões

As análises aqui retratadas trazem consigo a identificação de algumas questões. A preservação e conservação das vegetações florestais apontaram resultados positivos, fazendo com que estes remanescentes, em ambos os períodos de análise, permanecessem com índices acima de 75% da BHCT. Neste contexto, foi evidente que a implantação das UC's PARNA da Serra da Bodoquena e o MNE da Gruta do Lago Azul atuam de forma ativa na manutenção das matas naturais.

Ao mesmo tempo, o entorno dessas unidades apresenta uma intensa pressão antrópica, com pastagens e culturas que alcançam os talus das UC's. De fato, é um intenso processo de ocupação que se verificou a partir do início do século XXI, em que o avanço das culturas voltadas à produção de *commodities* se tornou, paulatinamente, atrelado ao turismo como a principal fonte econômica de Bonito.

Tais problemas relacionados ao carste e sua fragilidade perante as ações antrópicas trazem ainda questionamentos acerca da real aplicabilidade das ações legais e sua ineficácia com relação à proteção do carste. O risco de colapso/abatimento do terreno se não forem

tomadas medidas de prevenção e análise adequada de suas características, ante os usos intensivos, é irrefutável.

Diante disso, propõem-se algumas recomendações visando uma melhoria do contexto ambiental da BHCT, abrangendo a:

- Manutenção dos remanescentes florestais com ações de fiscalização, evitando a ocupação antrópica em áreas restritas legalmente;

- Recuperação das áreas de preservação permanente no médio e baixo curso, em que foram substituídas as vegetações florestais por culturas e pastagens, bem como, restauração das vegetações florestais no PARNA da Serra da Bodoquena, que foram alteradas por pastagens no oeste da BHCT;

- As culturas necessitam de manejos adequados, incorporados à fragilidade do carste, adicionando curvas de nível, bacias de contenção para dissipar as águas pluviais e plantio direto, o que reduziria o impacto das águas pluviais no solo. A colheita deve ser intercalada, para que evite grandes áreas de solo exposto em épocas chuvosas (outubro a março);

- Incentivo à implantação, nas pastagens, de um manejo adequado com curvas de nível. Em conjunto, adotar o terraceamento em áreas mais declivosas e prover a rotação dos animais em piquetes, o que potencializaria a pastagem e favoreceria uma maior proteção ao solo.

Agradecimentos

Destaca-se que este estudo foi realizado graças ao fomento da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e da Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do estado de Mato Grosso do Sul – FUNDECT. No mais, desenvolvida nas dependências da Universidade Federal da Grande Dourados, em que o Laboratório de Geografia Física – LGF (www.lgf.ggf.br) oferece o suporte físico e de softwares necessários para o desenvolvimento desta pesquisa.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA F. F. M. Litologia da Serra da Bodoquena (Mato Grosso). **Boletim DNPM**, Brasília, v. 219, 1965. p. 1-137.

BAPTISTA, M. B.; BRAUN, O. P. G.; CAMPOS, D. A. **Léxico estratigráfico do Brasil**. Brasília: DNPM-CPRM, 560 p. 1984.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D. & SANTOS, G. F. dos. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. v. 1, Florianópolis: Ed. UFSC. v. 1, 1994. 425p.

BOGGIANI, P. C.; COIMBRA, A. M.; GESICKI, A. L.; SIAL, A. N.; FERREIRA, V. P.; RIBEIRO, F. B.; FLEXOR, J. M. 2002. **Tufas Calcárias da Serra da Bodoquena, MS** - Cachoeiras petrificadas ao longo dos rios. In: Schobbenhaus, C.; Campos, D. A.; Queiroz, E. T.; Winge, M.; Berbert-Born, M. L. C. (Edits.) **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. 1. ed. Brasília: DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), v.01. p. 249-259, 2002.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997a. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 09 jan. 1997.

BRASIL. **Decreto de 21 de Setembro de 2000**. Cria o Parque Nacional da Serra da Bodoquena, no estado de Mato Grosso do Sul, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 21 set. 2000.

BRUGNOLLI, R. M. **Procedimentos metodológicos para análise da vulnerabilidade ambiental em bacias hidrográficas com um estudo de caso da bacia hidrográfica do Córrego Moeda, Três Lagoas/MS em 2014**. 2016, 341 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Três Lagoas, 2016.

BRUGNOLLI, R. M. **Zoneamento Ambiental para o Sistema Cárstico da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, Mato Grosso do Sul**. 2020. 403p. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências Humanas, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2020.

BRUGNOLLI, R. M.; BEREZUK, A. G.; SILVA, C. A. da. A Morfometria da Bacia Hidrográfica do Rio Mimoso, um Sistema Cárstico do Mato Grosso do Sul/Brasil. **Confins - Revue franco-brésilienne de géographie**, Paris, n. 40, p. 1-22, 2019.

DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO (Brasília - DF). Região Centro-oeste: carta topográfica. Brasília: Ministério do Exército, 1980. **Folha SF.21-X-C-I MI-2619 (Rio Perdido)**. Escala 1:100.000;
EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília, 2013. 353p.

ESRI 2011. **ArcGIS Desktop**: Release 10. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.

FORD, D. C.; WILLIAMS, P. **Carste Hydrogeology and Geomorphology**. John Wiley: Chichester, 2007. 562p.

GILLIESON, D.; THURGATE, M. Carste and agriculture in Australia. *International Journal of Speleology*, Trieste, v. 28, p. 149-168, 1999.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário de 2006. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, p. 1-777, 2006.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Manual de uso e ocupação da terra. **Manuais Técnicos em Geociências**. Brasil número 7. Brasília, 2013. 91p.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Catálogo de Imagens – Landsat 5**. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: maio de 2016.

LIU, Y.; HUANG, X.; YANG, H.; ZHONG, T. Environmental effects of land-use/cover change caused by urbanization and policies in Southwest China Carste area—A case study of Guiyang. **Habitat International**, Newcastle, v. 44, p. 339–348, 2014.

MATO GROSSO DO SUL. Decreto nº 10.394, de 11 de junho de 2001. Institui o Monumento Natural da Gruta do Lago Azul. Confere o inciso VII do art. 89 da Constituição do Estado e tendo em vista o disposto no inciso II do §1º art. 225 da Constituição Federal e na Lei Federal nº 9.985. **Diário Oficial do Estado do Mato Grosso do Sul**, Campo Grande, MS, 18 jun. 2000.

Neves, C. E.; Salinas, E. C. A paisagem na geografia física integrada: impressões iniciais sobre sua pesquisa no Brasil entre 2006 e 2016. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, Edição Especial SBGFA, p. 124-137. 2017.

RIBEIRO, A. F. N. **Desafios e conflitos na produção do espaço no Planalto da Bodoquena**: Agricultura, Turismo e Apropriação da Natureza. 2017, 184 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências Humanas, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2017.

RIZZO, M. R. **Encontros e desencontros do turismo com a sustentabilidade: um estudo do Município de Bonito - Mato Grosso do Sul**. 2010, 519 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2010.

SALLUN FILHO, W.; KARMANN, I.; BOGGIANI, P. C. Paisagens Cársticas da Serra da Bodoquena (MS). In: **Litologia do continente Sul-americano**: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida, Chapter: XXV, Publisher: Ed. Beca, Editors:

Virgínio Mantesso-Neto, Andrea Bartorelli, Celso Dal Ré Carneiro, Benjamin Bley de Brito-Neves, 2004. p.424-433.

SALLUN FILHO, W.; KARMANN, I.; SALLUN, A. E. M.; SUGUIO, K. Quaternary tufa in the Serra da Bodoquena carste, west-central Brazil: Evidence of wet period. IOP Conf. **Series: Earth and Environmental Science** (Climate Change: Global Risks, Challenges and Decisions), v. 6, 2009.

SILVA, P. V. da. **A importância da água para a percepção turística na bacia do rio Formoso em Bonito-MS**. 2015. 259 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente. 2015.

SPRING. **Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling**. Camara G, Souza RCM, Freitas UM, Garrido J Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

USGS, UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Sentinel 2A**. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: maio de 2016.

USGS, UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **SRTM/MDE**. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: maio de 2016.

VAN BEYNEN, P. E.; VAN BEYNEN, K. M. **Human disturbance of carste environments**. In: VAN BEYNEN (eds.). Carste Management. Springer, Dordrecht. pp 379-397. 2011.

VENTURI, L. A. B. Paisagem geográfica: muito além do nosso campo de visão. **Confins - Revue franco-brésilienne de géographie**, Paris, v. 38. 2018.

VESTENA, L. R.; KOBAYAMA, M.; SANTOS, L. J. C. Considerações Sobre Gestão Ambiental em Áreas Cársticas. **RA' EGA**, Curitiba, v. 4, n. 6, p. 81-94, 2002.

WAELE, J. D.; GUTIÉRREZ, F.; PARISE, M.; PLAN, L. Geomorphology and natural hazards in carste areas: A review. **Geomorphology**, v.134, p. 1-8. 2011.

Submetido em: junho de 2020.

Aceito em: março de 2021.