

RELAÇÃO ENTRE A FRAGILIDADE AMBIENTAL, QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NO CÓRREGO SÃO DOMINGOS, TRÊS LAGOAS-MS

RELATIONSHIP BETWEEN ENVIRONMENTAL FRAGILITY, SURFACE WATER QUALITY, AND PERMANENT PRESERVATION AREAS IN SAN DOMINGOS STREAM, TRÊS LAGOAS-MS
RELACIÓN ENTRE LA FRAGILIDAD AMBIENTAL, LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES Y LAS ÁREAS DE PRESERVACIÓN PERMANENTE EN LA SECCIÓN SÃO DOMINGOS, TRÊS LAGOAS-MS

<https://doi.org/10.26895/geosaberes.v11i0.793>

RAFAEL MARTINS BRITO^{1*}
PATRICIA HELENA MIRANDOLA GARCIA²
MATHEUS HENRIQUE DE SOUZA BARROS³

¹ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Unidade II - CEP 79613-000 – Três Lagoas (MS), Brasil, Tel.: (+55 67) 3509-3700 - rafaelgeografiaufms@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0001-8188-2225>

*Autor correspondente.

² Professora do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Unidade II - CEP 79613-000 – Três Lagoas (MS), Brasil, Tel.: (+55 67) 3509-3700 - patriciaufmsgeografia@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-7337-8798X>

³ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Unidade II - CEP 79613-000 – Três Lagoas (MS), Brasil, Tel.: (+55 67) 3509-3700 - matheus.geo2013@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-6189-7427>

Histórico do Artigo:

Recebido em 11 de Julho de 2019.

Aceito em 21 de Dezembro de 2019.

Publicado em 01 de Janeiro de 2020.

RESUMO

A dinâmica de alterações no uso e cobertura da terra e demais ações antrópicas levam à necessidade da compreensão do ambiente de forma integrada. O objetivo desta pesquisa se assenta na construção de uma análise sistêmica e a compreensão da relação entre os elementos naturais. Para o estudo utiliza-se um mapa síntese de fragilidade ambiental e analisa-se a qualidade das águas superficiais e áreas de preservação permanentes (APPs). A bacia apresenta em sua maioria fragilidade ambiental média (74,85%). As classes de águas superficiais detectadas foram classe I e classe II, com menor presença de vegetação natural em APPs relacionadas à classe II. Conclui-se que áreas com plantio de silvicultura tendem a propiciar maior proteção ao solo contra ação das águas pluviais, evitando de maneira eficaz problemas relativos à erosão em relação a áreas com presença de pastagem sem o manejo adequado.

Palavras-chave: Fragilidade Ambiental. Qualidade da Água. Áreas de Preservação Permanente. Geoprocessamento.

ABSTRACT

The dynamics of changes in land use and coverage and other anthropogenic actions lead to the need for an integrated understanding of the environment. The objective of this research is the construction of systemic analysis and the understanding of the relation between the natural elements. For this study, we use a synthetic map of environmental fragility, and the quality of surface water and permanent preservation areas (PPAs) are analyzed. The watershed presents mostly medium environmental fragility (74,85%). The classes of surface waters detected were Class I and Class II, with a lower presence of natural vegetation in PPAs related to Class II. We conclude that areas with silvicultural planting tend to

provide higher soil protection against rainwater action, effectively avoiding erosion problems in relation to pasture areas without adequate management.

Keywords: Environmental Fragility. Water Quality. Permanent Preservation Areas. Geoprocessing.

RESUMEN

La dinámica de los cambios en el uso de la tierra y otras acciones antropogénicas llevan a la necesidad de una comprensión integrada del medio ambiente. El objetivo de esta investigación se basa en la construcción de un análisis sistémico y la comprensión de la relación entre los elementos naturales. El estudio utiliza un mapa de síntesis de fragilidad ambiental y analiza la calidad de las aguas superficiales y las áreas de preservación permanente (APP). La cuenca tiene mayormente fragilidad ambiental media (74,85%). Las clases de aguas superficiales detectadas fueron classe I y classe II, con una menor presencia de vegetación natural en las aplicaciones relacionadas com classe II. Se concluye que las áreas con plantación silvícola tienden a propiciar una mayor protección del suelo contra la acción del agua de lluvia, evitando efectivamente los problemas de erosión em áreas com presença de pastos sin manejo adecuado.

Palabras clave: Fragilidad Ambiental. Calidad del agua. Áreas de Preservación Permanente. Geoprocessamento.

INTRODUÇÃO

A apropriação e a exploração cada vez mais intensas dos recursos naturais pelo homem, mediante sua intervenção nos processos naturais por meio de técnicas, são tão perceptíveis e notáveis quanto as consequências que estas ações têm no equilíbrio dinâmico da natureza.

A percepção das consequências destas ações vem principalmente à tona por meio do crescimento das cidades, da ocupação desequilibrada de bacias hidrográficas e mananciais hídricos, da dinâmica climática, entre outras razões, as quais não podem ser tratadas de forma isolada, mas sim através de suas interações e implicações de ordem não apenas natural, mas também ambiental (sociedade/natureza) (VICENTE; PEREZ FILHO, 2003). Torna-se, assim, de suma importância, para o entendimento da realidade dos fenômenos naturais e antrópicos e da relação destes, que haja uma integração nos estudos ambientais a fim de compreender de forma holística os processos que nos cercam.

Nesta perspectiva, o presente estudo justifica-se por alguns fatores importantes identificados na bacia hidrográfica do Córrego São Domingos. Em um primeiro momento, a presença de áreas consideradas prioritárias para a conservação da biodiversidade (41,69% da bacia), identificadas como de importância biológica muito alta conforme o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2007). Em um segundo momento, a forte dinâmica de alterações no uso e cobertura da terra, evidenciada principalmente na última década por meio da introdução da silvicultura para fins de produção de papel e celulose. Tais intervenções e alterações têm sido diagnosticadas na região do município de Três Lagoas/MS, onde se pode citar trabalhos que apontam essas alterações em Cazula (2010), Izippato (2013), Ferreira (2011) e Braz (2017).

Portanto, o objetivo da pesquisa é a construção de uma análise sistêmica e a compreensão da relação entre os elementos naturais (relevo, solos, clima, hidrografia, biodiversidade) e ações antrópicas sobre o meio (uso e cobertura da terra) por meio do Mapa de Fragilidade Ambiental de Ross (1994), aliado às condições das Áreas de Preservação Permanente (APPs), considerando a Lei nº 12.651 e qualidade das águas superficiais de acordo com a resolução CONAMA nº 357/2005, com o intuito de identificar as condições ambientais, possíveis áreas degradadas e o apontamento de medidas para a preservação.

ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica Córrego São Domingos (BHCS D) encontra-se entre as coordenadas geográficas 21° 9' 53" S e 20° 0' 39" S e 52° 19' 50" W e o 51° 30' 17" W, é

	bibliográficas textuais e cartográficas, ações essas que permeiam todos níveis da pesquisa.
Nível Correlatório	Fica a cargo deste nível a correlação entre os dados adquiridos com a realidade do trabalho em seus diferentes momentos. Neste nível aplica-se a interpretação das imagens de satélite e a produção cartográfica base para a confecção dos mapas necessários (que também se encontra no nível semântico), além da confirmação desses dados obtidos juntamente com a validação em campo e o ordenamento das informações por categorias que também englobam esta etapa. Assim sendo, esta etapa também contempla a elaboração de documentos cartográficos e demais produtos como tabelas, gráficos e apresentação de imagens captadas <i>in loco</i> .
Nível Semântico	Após a execução das correlações, faz-se necessário uma análise dos dados gerados até esta etapa da pesquisa, analisando a necessidade (ou não) da inserção ou exclusão de dados, correções, exclusões e inserção de informações pertinentes ao estágio da pesquisa, tendo assim uma visão dos produtos gerados e do avanço da pesquisa até o presente momento.
Nível Normativo	Por fim, a etapa relativa ao nível normativo é responsável pela distribuição sistemática dos resultados obtidos nos processos pretéritos. Os produtos gerados e as conclusões formuladas a partir do objetivo central da pesquisa são apresentadas.

Fonte: elaborado pelo autor.

Para a confecção do mapa de fragilidade ambiental da bacia fez-se uso das geotecnologias para a elaboração do Mapa de fragilidade potencial dos seguintes mapas intermediários: declividade, solos, pluviosidade, áreas prioritárias para conservação da biodiversidade, sendo posteriormente cruzados com os dados do uso e cobertura da terra no ano de 2016.

Os dados referentes à declividade foram extraídos a partir das imagens do sensor PALSAR do satélite ALOS © JAXA/METI 2007 (resolução de 12,5 metros), por meio da ferramenta Slope presente em ArctoolBox> Spatial Analyst> Surface> Slope; presente no software ArcGis 10.3.1. As classes de declividade foram distribuídas conforme metodologia de Lepsch (1983) e os graus de limitação por suscetibilidade à erosão proposto por Ramalho Filho e Beek (1995), onde as limitações de uso da terra e facilidade de ocupação rural são levadas em consideração. As classes estão distribuídas em intervalos de 1% para uma melhor visualização dos declives menos acentuados (maior ocorrência na BHCS) e melhor análise, como consta em estudos realizados por Medeiros (2015).

O processo de extração das informações georreferenciadas dos solos, adquiridas em formato shapefile escala 1:250.000, foi feito a partir da ferramenta Clip para delimitar as informações dentro da área de estudo da BHCS presente no programa ArcGis 10.3.1, localizado em ArctoolBox> Analysis Tools > Clip. Identificados cada tipo de solo, foram atribuídas às respectivas cores segundo a padronização das cores das classes de 1º e 2º níveis categóricos para uso em mapas de solos (EMBRAPA, 2006).

No que concerne aos dados pluviométricos, seus respectivos valores foram atribuídos a partir das informações extraídas por meio de Isoietas anuais na escala de 1:5.000.000 em formato Shapefile, inserindo seus respectivos valores em cada ponto escolhido para a interpolação dos dados das médias de precipitações anuais dos anos de 1977 a 2006. Após

coletados os principais pontos próximos à bacia, os dados referentes à precipitação foram interpolados por meio do método denominado Inverso do Quadrado da Distância (IQD), que é um interpolador determinístico univariado de médias ponderadas da ferramenta IDW, localizada em *ArctoolBox* > *Spatial Analysty Tolls* > *Interpolation* > *IDW*. Após este procedimento foram identificados os valores de precipitação média anual correspondentes à área da BHCS D.

As informações relativas às áreas prioritárias para conservação, adquiridas em formato shapefile em escala 1:250.000, foram recortadas para a delimitação da bacia por meio da ferramenta clip, presente no programa ArcGis 10.3.1, localizado em *ArctoolBox* > *Data manegemant Tolls* > *Raster* > *Raster Processing* > *Clip*. Feito este procedimento, encontraram-se duas classes de importância dentro dos limites da bacia: não definida e muito alta.

Os procedimentos realizados para elaboração do mapa temático de uso e cobertura da terra, do ano de 2016 da BHCS D, foram a segmentação e classificação e mapeamento, realizados por meio do programa SPRING® 5.3, tendo como base a imagem de satélite Cbers 4. Para a classificação utilizou-se o tipo de classificador Bhattacharya com limiar de aceitação de 99,9%. Segundo Oliveira e Mataveli (2013, p. 92), “o classificador Bhattacharya é um classificador supervisionado por regiões, que utiliza a distância Bhattacharya para medir a separabilidade estatística entre cada par de classes espectrais”.

Após a classificação do uso e cobertura da terra na BHCS D, realizou-se o mapeamento e quantificação da APPs a partir da distância correspondente à largura dos cursos d’água, estipulado na Lei Nº 12.651, em toda extensão da bacia, a partir da ferramenta buffer do SIG ArcGis 10.3.1, presente em *Arctoolbox* > *Analilys Tools* > *Proximity* > *Buffer*.

A atribuição de valores para as classes de fragilidade (tipos de declividade, solos, índice pluviométrico, áreas prioritárias para conservação da biodiversidade e uso e cobertura da terra) foi adaptada das propostas metodológicas de Ross (1994), onde divide-se as variáveis analisadas em 5 classes de fragilidade; e das 5 classes hierarquizadas, as variáveis mais estáveis apresentam valor próximo a 1,0, as intermediárias próximas a 3,0 e as mais frágeis próximas a 5,0, como exemplifica o Quadro 2.

Quadro 2 – Categorias de Fragilidade e Pesos atribuídos a cada tipo de variável analisada

Categorias	Peso	Representação
Muito Baixa	1	
Baixa	2	
Média	3	
Alta	4	
Muito alta	5	

Fonte: Ross (1994).

Assim, após a compilação e atribuição dos respectivos valores de fragilidade potencial para as variáveis: declividade, solos, índice pluviométrico, áreas prioritárias para conservação da biodiversidade, aplicou-se o método booleano de combinação de mapas (álgebra de campo), denominado de sobreposição ponderada, através do SIG ArcGIS 10.3, por meio da ferramenta *weighted overlay* em *Spatial Analyst tools* > *overlay* > *weighted Overlay*. Em seguida, aplicou-se o mesmo procedimento de sobreposição ponderada entre os mapas de

fragilidade potencial e uso e ocupação da terra, gerando assim um mapa síntese de fragilidade ambiental.

A partir da necessidade de validação do mapa de uso e cobertura da terra e a coleta dos parâmetros físico-químicos das águas superficiais e dos sedimentos em suspensão, realizou-se 2 trabalhos em campo no período estacional (primavera e inverno) no dia 12/12/2017 e 07/08/2018. Selecionaram-se 7 pontos amostrais, segmentados por sub-bacias, utilizando-se os critérios: confluências fluviais, rupturas estruturais, formas de uso, cobertura e manejo da terra e acessibilidade.

Para a operacionalização da análise da qualidade das águas superficiais foi utilizado em campo o equipamento Horiba® Series Multiparameter water Quality Unit's, modelo U 50, e os parâmetros analisados foram: Oxigênio Dissolvido (OD), Condutividade Elétrica (CE), Turbidez, pH, Temperatura do ar e água, Potencial Redox (ORP), Sólidos Totais Dissolvidos (STD) e Salinidade. Sua classificação está dentro do enquadramento e limitação das classes de uso das águas doces no Brasil. As principais classes de limitação do uso da água segundo resolução CONAMA nº 357/2005 estão dispostos no Quadro 3.

Quadro 3 – Principais classes de limitações de uso das águas doces no Brasil

Classes	Principais Usos
Especial	Consumo humano com desinfecção; Preservação de equilíbrio natural das comunidades aquáticas; Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
I	Consumo humano, após tratamento simplificado; Proteção das comunidades aquáticas; Recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho), Resolução CONAMA n. 274, de 2000; Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas sem remoção de películas e a proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
II	Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional, a proteção das comunidades aquáticas, a recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, Resolução CONAMA n. 274, de 2000, a irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto, e a aquicultura e a atividade de pesca.
III	Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado, a irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, a pesca amadora, a recreação de contato secundário e a dessedentação de animais.
IV	Navegação e à harmonia paisagística

Fonte: Resolução nº. 357 do CONAMA de 17/03/2005.

Para a confecção do mapa de qualidade das águas superficiais, utilizou-se as medidas estabelecidas pelo *buffer* das APPs e a delimitação dos pontos de coleta para definir o trecho de cada segmento analisado. Assim, após a delimitação dos segmentos do trecho do ponto 1,

2, 3, 4, 5, 6 e 7, indicou-se as respectivas cores dos padrões indicados no enquadramento das águas superficiais da resolução CONAMA nº 357/2005.

Para a mensuração do transporte de sedimentos em suspensão foi utilizado em gabinete: Membrana Filtrante – Milipores 45 microns, Balança de Precisão, Bomba a Vácuo modelo TE-058 TECNAL, Conjunto de Filtragem (Sartorius BiolabProducts - Cellulose Acetate Filter) e Estufa de Secagem. Em campo utilizou-se para captação das amostras: frasco roscado de 500 ml.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados do mapeamento da fragilidade ambiental através do mapa síntese mostram 5 níveis de fragilidade: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. Identifica-se como classe de maior abrangência a fragilidade ambiental média, como mostra a Tabela 1 e a Figura 2.

O nível de fragilidade ambiental muito baixa com 0,61% da área mapeada (Tabela 1) encontra-se (em sua maioria) no alto curso e de forma fragmentada com 0,371 km², seguido do médio e baixo curso com 0,206 km² e 0,113 km². Explica-se esta descontinuidade e fragmentação ao longo da bacia pela existência de áreas de fragilidade potencial muito baixa e baixa associadas a fragmentos de vegetação natural florestal e declividade entre 0 a 3%. Vitte e Mello (2013) apresentam resultados semelhantes quanto ao mapeamento da fragilidade muito baixa, sendo essas áreas relacionadas com menores valores altimétricos, de declividade, associação a latossolos e presença de vegetação natural florestal.

A fragilidade ambiental baixa com 23,01% da área está localizada (em sua maioria) no alto curso (15,401 km²), seguido do médio (6,852 km²) e baixo cursos (3,718 km²) e tem relação com a baixa fragilidade potencial exercida por fragmentos isolados de vegetação natural florestal, com formação de um dossel contínuo, bem como a presença de Latossolo Vermelho Álico (LVa22 e LVa3) e declividade entre 3 e 6%. Pachechenik et al. (2013) observam as mesmas características da baixa fragilidade ambiental associadas a áreas que consistem na cobertura de mata nativa e de reflorestamento. As condições encontradas neste ponto apresentam mata ciliar densa nas duas margens e a presença de cercas a fim de obstruir a passagem do gado até as margens do córrego.

A maior parte da bacia foi mapeada e caracterizada como de fragilidade ambiental média, com 74,85% da área total; sendo 45,374 km² no alto curso; 27,189 km² no médio curso; e 11,902 km² no baixo curso. Alguns fatores contribuem significativamente para este resultado, como: o uso e cobertura da terra (silvicultura e pastagem), as áreas prioritárias para conservação da biodiversidade, a presença do Neossolo Quartzarênico (RQa7) no médio e baixo curso e a declividade entre 6 e 9%.

A fragilidade potencial baixa com 70,35% do total da bacia associada às classes silvicultura e pastagem (peso 3 na sobreposição ponderada do mapa síntese) impulsionam o aumento da fragilidade ambiental no alto, médio e baixo curso de maneira uniforme. Esta classe de fragilidade está atrelada também às áreas prioritárias para conservação (peso 4) e mantém seu nível em áreas com presença do Neossolo Quartzarênico (peso 5). Basicamente, os locais onde não há quantidade significativa de vegetação natural florestal, com uso e cobertura da terra voltada para pastagem e silvicultura, passam a ser classificados como fragilidade ambiental média.

A associação da fragilidade ambiental média com a ocorrência de pastagem e silvicultura também foi detectada por Trombeta et al. (2014) em estudos na região do Pontal do Paranapanema no estado de São Paulo. Os autores indicam grau de fragilidade média para a silvicultura e forte para a pastagem. No caso da bacia hidrográfica do Córrego São Domingos, foi adotado o nível de fragilidade ambiental 3 (média) para a pastagem e

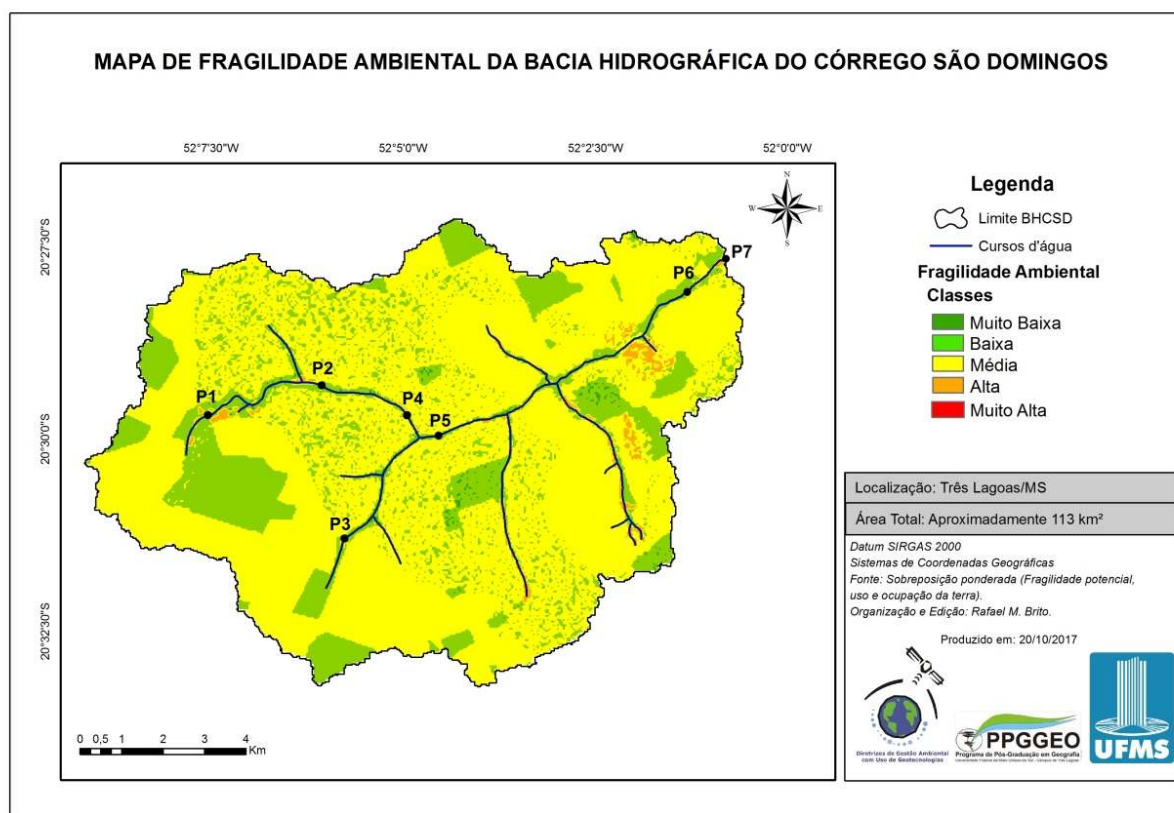
silvicultura, explicando-se assim a elevação do grau de fragilidade ambiental média uniforme destas áreas juntamente com os demais fatores explicitados.

Tabela 1 – Quantificação das áreas de fragilidade ambiental

Classe	Alto curso (km ²)	Médio curso (km ²)	Baixo curso (km ²)	Área total km ²	Área (%)
Muito Baixa	0,371	0,206	0,113	0,690	0,61%
Baixa	15,401	6,852	3,718	25,971	23,01%
Média	45,374	27,189	11,902	84,469	74,85%
Alta	0,364	0,801	0,502	1,667	1,47
Muito Alta	0	0	0,006	0,006	0,06%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 2 – Mapa de fragilidade ambiental da BHCS



Fonte: Elaborado pelo autor.

O mapeamento da fragilidade ambiental alta com apenas 1,47% do total está localizado no alto (0,364 km²), médio (0,801 km²) e baixo cursos (0,502 km²). No alto curso, próximo aos pontos 3 e 5, associa-se principalmente a áreas úmidas próximas a barramentos ou mesmo nos pontos de lâmina d'água, tendo em vista o peso aplicado a estas classes de uso e cobertura (4 e 5) e a fragilidade potencial mapeada como baixa e média nestes locais.

A classe fragilidade ambiental alta no médio curso explica-se pela continuidade dos níveis de fragilidade potencial alta (relação dos Neossolos Quartzarênicos, declividade entre 9 a 12% e 12 a 20% próximo ao interflúvio e áreas prioritárias para conservação), associados à média fragilidade do uso e cobertura da terra por pastagem e silvicultura nas imediações do afluente Cabeceira da Lagoa como mostra a Figura 3. Assim como em Kawakubo et al. (2005), que encontram predominância de altas fragilidades ambientais relacionadas à declividade e solos rasos pouco desenvolvidos, neste caso como já explanado, este afluente por sua topografia e forma favorece a concentração do escoamento superficial e subsuperficial, além de estar em uma faixa de áreas prioritárias para conservação reforçando e explicando assim os níveis de fragilidade alta que constam às margens do afluente inclusive em sua nascente. Os níveis de fragilidade alta encontrados no baixo curso, próximos ao Córrego Santa Lívia, têm as mesmas características das mapeadas no médio curso e estão nitidamente correlacionadas aos contornos dos níveis de fragilidade do Neossolo Quartzarênico.

Figura 3 – Área de fragilidade ambiental alta no afluente Cabeceira da Lagoa



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

A fragilidade ambiental muito alta por sua vez está localizada estritamente no baixo curso da bacia (0,006 km²), no Córrego Santa Lívia (Figura 4), aproximadamente a 3 km da foz do Córrego São Domingos, e explica-se por sua fragilidade potencial alta impulsionada pela declividade (entre 12 e 20%), solos (peso 5), e áreas prioritárias para conservação (peso 4), em conjunto com a ponderação do peso, de fragilidade ambiental, utilizado para o uso e cobertura da terra, da classe corpos d'água continental, que também no caso deste afluente serve como bebedouro para o gado.

Mesmo se tratando de um afluente de menor extensão, a sua proximidade com a foz do Córrego São Domingos e as características das variáveis mapeadas apontam esta área como um local de maior fragilidade emergente. Pereira (2014, p. 81) aponta resultados semelhantes quanto à fragilidade ambiental muito alta, associando a baixa densidade de vegetação, cultivos agrícolas e áreas de solo exposto como principais fatores desta classe.

No caso do Córrego Santa Lívia, juntamente com a falta de proteção para o acesso do gado em decorrência do barramento a 300 metros da nascente, o uso e cobertura da terra predominante de silvicultura à margem esquerda e pastagem à margem direita e a ausência de vegetação ciliar em sua nascente são fatores que corroboram com o resultado obtido.

Figura 4 – Classe de fragilidade ambiental muito alta mapeada no barramento do afluente Santa Lúvia



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados referentes à qualidade das águas superficiais nas visitas a campo de 12/12/2017 (estação chuvosa) e 07/08/2018 (estação seca) foram respectivamente classificados e analisados segundo a resolução CONAMA nº 357/2005. A Tabela 2 mostra a média do enquadramento dos parâmetros das duas estações e a Figura 5 mostra sua espacialização referente aos pontos de coleta.

Tabela 2 – Qualidade físico-química e enquadramento médio das águas superficiais da BHCS por pontos de coleta na primavera de 2017 e inverno de 2018

Pontos/ Parâmetros	1	2	3	4	5	6	7
pH	E	E	E	E	E	IV	IV
OD (mg/L)	I	I	I	I	I	I	I
CE (µS/cm)	E	E	E	E	E	E	E
Turbidez (NTU)	E	E	E	IV	IV	E	E
ORP (mV)	E	E	E	E	E	E	E
TDS (mg/L)	E	E	E	E	E	E	E
Média (2 estações)	II	I	I	II	I	I	I

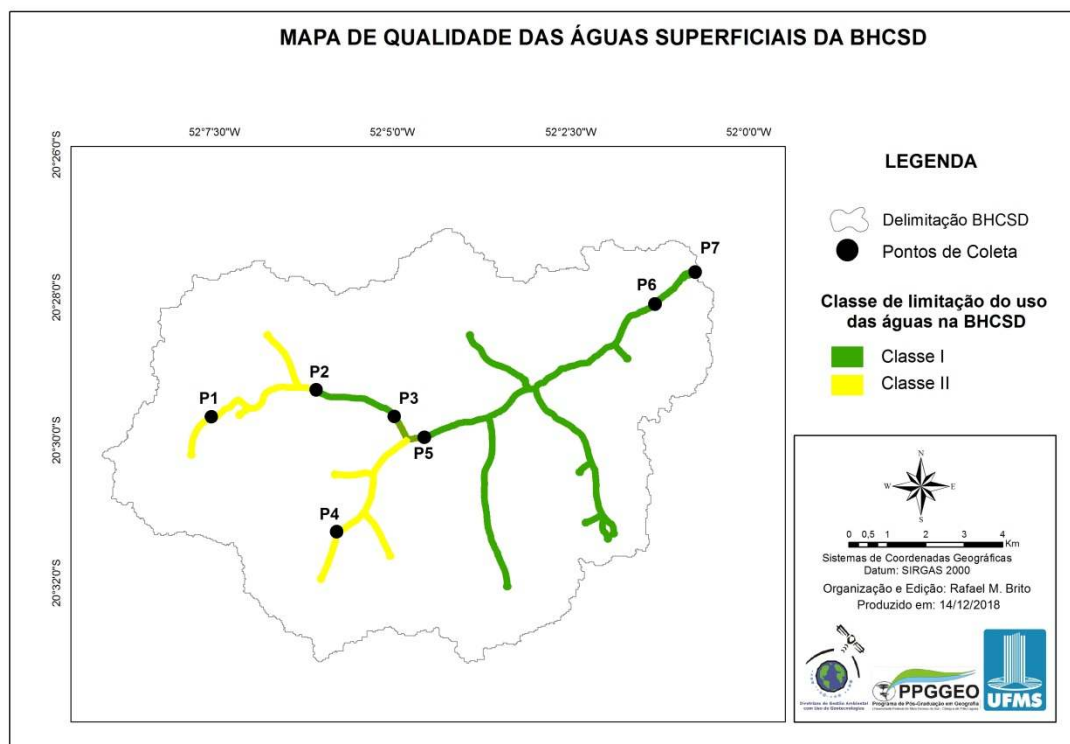
Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme Pinto et al. (2010), o oxigênio dissolvido (OD) é de fundamental importância na manutenção da vida aquática e da qualidade da água. Araújo (2005) salienta que o oxigênio dissolvido é um dos principais indicadores ou parâmetros da qualidade da água. É possível ainda afirmar que, devido à sua notável importância, este parâmetro de qualidade de água é usualmente utilizado como principal fator para determinar o impacto de poluentes sobre corpos hídricos (TCHOBANOGLOUS; SCHROEDER, 1985 apud PINTO et al., 2010).

Mediante a importância deste parâmetro, os resultados extraídos das coletas em campo apontaram valores dentro dos padrões estipulados de limite para a classe I (apresenta a possibilidade do consumo humano após tratamento simplificado), nos pontos 1, 2, 3, 4 e 5 na

estação primavera em 2017 e em todos os pontos da estação inverno de 2018. Em contrapartida, os valores de oxigênio dissolvido dos pontos 1 (4,11 mg/L) e 3 (5,41 mg/L) na estação primavera em 2017, mostraram certa disparidade em relação aos demais pontos analisados, à medida que apresentaram valores menores que condizem com classes de limitação III e II, respectivamente.

Figura 5 – Mapa da média de qualidade das águas superficiais na primavera de 2017 e inverno de 2018



Fonte: Elaborado pelo autor.

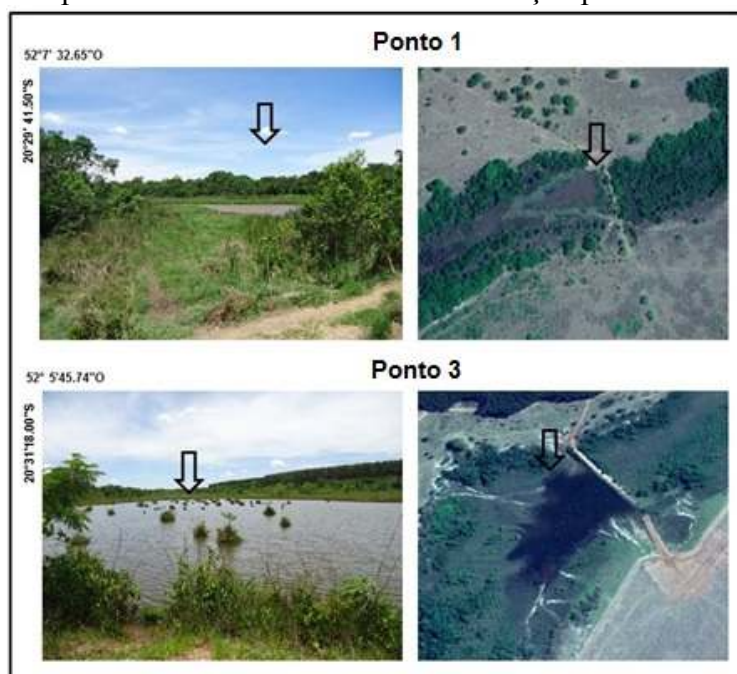
O ponto 1 localizado no alto curso do Córrego São Domingos e o ponto 3 localizado no principal afluente no alto curso da bacia no Córrego Valinho têm características similares por se tratarem de trechos com barramento do curso d'água, acesso livre ao gado, apresentando feições de pisoteio nas margens, mesmo com presença de vegetação ciliar a montante e a mata galeria a jusante, aspectos estes que justificam a influência na diminuição dos valores de oxigênio dissolvido em relação aos demais pontos.

Apesar dos índices de oxigênio dissolvido dentro dos parâmetros detectados na estação seca, verifica-se o fato de que nesta estação alguns fatores, como a diminuição da quantidade de água disponível nesses barramentos, combinada com a presença do gado e a falta do manejo da pastagem próxima, exigem que os animais adentrem ainda mais o córrego em busca de água, reduzindo o poder de diluição e assimilação dos contaminantes.

Quanto aos valores de pH, os pontos 6 e 7 foram analisados com piores enquadramentos, marcados por acúmulo de matéria orgânica e por assoreamento. Tavares (2006, p. 31) explica que “valores do pH fora das faixas recomendadas podem alterar o sabor da água e contribuir para a corrosão do sistema de abastecimento, além de dificultar a descontaminação”. A autora assinala ainda que o pH é um dos parâmetros mais difíceis de serem interpretados, pois sofre influência de inúmeros fatores como: sólidos e gases dissolvidos, dureza e alcalinidade, temperatura e fatores bióticos. Levando em consideração

estas afirmações, é oportuno observar que os pontos com os pHs mais ácidos localizam-se próximos à foz do Córrego São Domingos, no rio Sucuriú. Vale observar que as temperaturas no momento da coleta em ambas as estações estavam entre as mais altas em todos os pontos (32,85° C, no ponto 6 e 25,0° C, no ponto 7), balizando assim como um possível indicativo para as alterações verificadas.

Figura 6 – Pontos 1 e 3 apresentam valores de oxigênio dissolvido abaixo dos parâmetros estabelecidos pelo CONAMA n° 357/2005 na estação primavera em Dez/2017



Fonte: Elaborado pelo autor (à esquerda, imagens de saída de campo; à direita, imagens Google Earth).

O nível de condutividade elétrica (CE) depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na água. Quando detectadas em níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indicam ambientes impactados (PINTO et al., 2010). Neste parâmetro, todos os pontos analisados apresentam baixa condutividade elétrica, os enquadramentos na classe especial.

Os resultados de turbidez na primavera de 2017 e inverno 2018 nos pontos 2 (5,22 NTU), 4 (5,27 NTU) e 6 (1,47 NTU) tiveram baixa turbidez, enquadrando-os na classe especial do CONAMA. Alguns dos motivos para este resultado podem ser explicados pela presença (nestes pontos em específico) de vegetação ripária mais intensa com mata de galeria, a exemplo do ponto 4, barrando parte dos sedimentos carregados pelas vertentes em direção aos cursos d'água. Ao contrário as condições apresentadas anteriormente, os pontos 1 (67,3 NTU), 3 (61,2 NTU), 10 (271,0 NTU) e 7 (103,0 NTU) da estação primavera, apresentam valores elevados de turbidez respectivamente enquadrados na classe II (pontos 1 e 4) e IV (pontos 5 e 7).

Na estação inverno houve redução nos índices de turbidez nos pontos 4, 5 e 7, classe I, especial e classe II, respectivamente. Porém o ponto 1 apresentou valor maior do que mensurado na estação chuvosa da primavera, com 194 NTU. Desta forma, as características do uso e cobertura da terra elencadas, associadas à ausência em determinados pontos de proteção vegetal às margens do córrego, contribuem para o aumento dos valores da turbidez das águas superficiais. Tais condições da influência dos barramentos e a presença do gado no

aumento da turbidez das águas superficiais são detectadas em Braz (2017), onde os pontos mais críticos em relação à turbidez encontram-se em áreas de livre acesso ao gado.

Os valores referentes ao ORP de todas as amostras dos pontos visitados em campo mantiveram-se segundo o enquadramento de limitação de classes da resolução CONAMA nº 357/2005 como classe especial, ou seja, menores que 300 mV. Mostrando a reduzida ocorrência de reações químicas, como oxirredução de sais, entre outras.

No que diz respeito aos sólidos totais dissolvidos, sabe-se que quanto maiores os valores encontrados, maior será o caráter mineral da água e, conseqüentemente, o seu gosto. Sendo assim, os valores encontrados em todos os pontos analisados no período chuvoso estão dentro dos parâmetros estabelecidos de classe especial, com variação entre 8 mg/L (ponto 6) e 15 mg/L (barramento do ponto 1). Na estação seca todos os pontos também se mantiveram na classe especial, com variação entre 6 mg/L (ponto 7) e 19 mg/L (ponto 1).

Classificado o uso e cobertura da terra na BHCS, realizou-se o mapeamento e quantificação (Tabela 3) das APPs designadas pela Lei Nº 12.651 em toda extensão da bacia, com o intuito da verificação quanto às normas estabelecidas.

Tabela 3 – Quantificação do uso e cobertura da terra em APPs na BHCS em 2016

Classes	Alto Curso (km²)	Médio Curso (Km²)	Baixo Curso (km²)	Área Total (km²)
Corpos d'água	0,090	0,085	0,038	0,213
Área Úmida	0,066	0,239	0,011	0,316
Campo Sujo	0,009	0	0	0,009
Pastagem	0,081	0,055	0,019	0,155
Vegetação Natural Florestal	0,822	0,486	0,280	1,588

Fonte: Elaborado pelo autor.

A classe corpos d'água continental aparece com 0,213 km² em áreas destinadas à preservação permanente, sendo 0,090 km² no alto, 0,085 km² no médio e 0,038 km² no baixo curso. Explica-se este volume no alto curso pela quantidade de barramentos presentes principalmente nos pontos 1, 2 e 3, ao longo do curso do Córrego São Domingos e de seu afluente à margem direita do Córrego Valinho. No médio curso esta classe é identificada nas APPs dos afluentes Cabeceira do Açude e Cabeceira da Lagoa, ambos à margem direita, também influenciados pelo aprisionamento da água. No baixo curso os corpos d'água foram mapeados no barramento localizado no Córrego Santa Lúvia e na foz do Córrego São Domingos. Parte dos corpos d'água continentais acabam não sendo mapeados e quantificados, pelo fato de que em trechos do córrego principal e de seus afluentes os topos das árvores existentes na mata ciliar encobrem sua abrangência.

A classe área úmida apresenta total de 0,316 km² em toda a bacia, sendo 0,066 km² no alto, 0,239 km² no médio e 0,011 km² no baixo curso. No alto curso estas áreas estão próximas ao ponto 1, à nascente do Córrego São Domingos, à margem esquerda próximo ao ponto 4, em áreas próximas ao ponto 4 e também próximo à nascente do afluente Cabeceira do Açude. No médio curso estas áreas localizam-se principalmente na nascente do afluente Cabeceira da Lagoa e às margens de seu curso até a confluência com o Córrego São Domingos. No baixo curso a classe área úmida se concentra próximo à foz na margem direita.

A classe campo sujo obteve 0,009 km² em áreas de preservação permanente no alto curso da BHCS, próximo à nascente do curso principal em uma área caracterizada por formações campestres, com predomínio de espécies herbáceas e arbustivas, com ausência de árvores na paisagem.

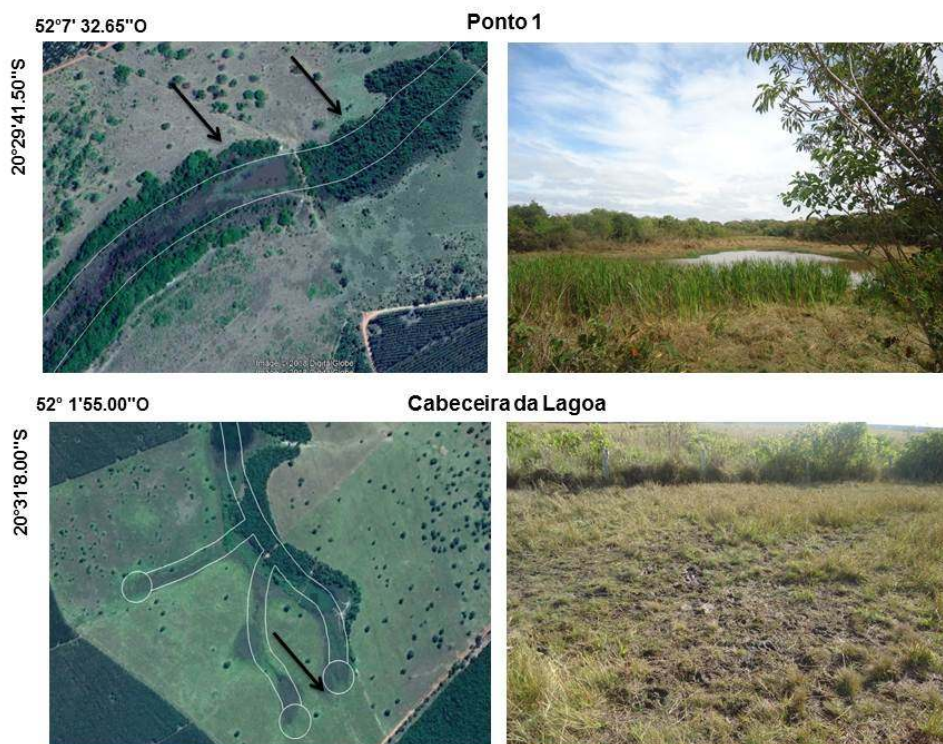
A pastagem aparece com 0,155 km² de área total em APPs, sendo 0,081 km² no alto, 0,055 km² no médio e 0,019 km² no baixo curso. No alto curso esta classe concentra-se em

áreas próximas à nascente do único afluente à margem esquerda do Córrego Valinho. No médio curso localiza-se principalmente adjacentes a cursos d'água e em áreas delimitadas como nascente em dois afluentes à margem esquerda do Córrego Cabeceira da Lagoa. No baixo curso áreas mapeadas como pastagem aparecem na nascente do Córrego Santa Lúvia e à margem esquerda do Córrego São Domingos a aproximadamente 1 km da foz.

A classe com maior extensão identificada em APPs da BHCS D foi a vegetação natural florestal, onde obteve-se uma área de 1,598 km², sendo 0,832 km² no alto, 0,486 km² no médio e 0,280 km² no baixo curso. No alto curso a classe está presente em sua maioria nas APPs do curso principal do Córrego São Domingos e de seu afluente Córrego Valinho. No médio curso, a classe vegetação natural florestal é encontrada em maior quantidade no curso do afluente Córrego Cabeceira do Açude e por toda extensão do afluente Córrego Cabeceira da Lagoa exceto na nascente. No baixo curso a classe é presente por toda extensão do córrego São Domingos, exceto na nascente do afluente à margem direita do Córrego Santa Lúvia, e em maior quantidade principalmente em áreas de reflorestamento onde existe conectividade entre os fragmentos florestais e as APPs.

Contudo, é necessário pontuar que dentro da classe vegetação natural florestal englobam-se as vegetações de mata ciliar, mata galeria e vegetação palustre conforme ilustra a Figura 7.

Figura 7 – Diferentes tipos de vegetação em APPs, exemplos do ponto 1 e da nascente do Córrego Cabeceira da Lagoa



Fonte: Elaborado pelo autor.

O ponto 1 apresenta cobertura de vegetação ciliar em suas margens a montante de seu barramento e a jusante vegetação com características de mata galeria, porém existem trilhas de acesso para o gado dessa região ao barramento de água presente no local. Já próximo à

nascente do Córrego Cabeceira da Lagoa encontra-se em suas APPs vegetação com característica palustre.

Conforme Silva (2003), a mata ciliar reduz o impacto de fontes de poluição de áreas a montante, através de mecanismos de filtragem (retenção de sedimentos), barreira física e processos químicos. No caso da mata galeria torna-se um elemento importante no que diz respeito à paisagem, servindo como corredores ecológicos naturais, que possibilitam e influenciam no fluxo gênico (fauna e flora) ao longo de sua extensão, interligando importantes fragmentos florestais. A vegetação palustre tem características que favorecem a manutenção do ambiente aquático e terrestre contribuindo para preservação das APPs e é típica de ambientes hídricos.

Partindo da premissa que o mapa síntese de fragilidade ambiental é um tema fundamental para o planejamento ambiental e indica a escolha das ações para a preservação e melhoria ambiental da área estudada, conforme afirma Trombetta et al. (2014), o cruzamento com informações relevantes como o uso e cobertura da terra e qualidade das águas superficiais dá melhor aporte na avaliação das reais condições da bacia e proporcionam a verificação da realidade entre os fatores analisados em campo e a metodologia aplicada na confecção do mapa síntese de fragilidade ambiental.

Quadro 4 – Cruzamento das informações

Trecho/ Ponto	Fragilidade ambiental	Uso e cobertura da terra	QAS	Situação dos trechos analisados (12/12/2017 e 07/08/2018)
Ponto 1	Muito baixa Baixa Média Alta	CDC; CS; PAST; VNF; AU.	Classe II	Na primavera o barramento encontrava-se com maior volume e menos evidências do pisoteio do gado em suas margens, apresentando vegetação rasteira do tipo gramíneo lenhosa. No inverno o volume de água encontrado no barramento era menor e o pisoteio do gado às margens do represamento tornou-se evidente. A vegetação tornou-se mais rala e o solo com características de maior compactação. Verificou-se a presença também de animais mortos no local.
Ponto 2	Muito baixa Baixa Média Alta	CDC; CS; VNF; AU.	Classe I	As condições encontradas no que diz respeito ao volume d'água no barramento, tanto na primavera como no inverno, foram semelhantes. No inverno a vegetação, a exemplo do ponto 3, mostrou-se mais rala e com aparecimento de áreas com princípio de erosão laminar, decorrente também da forte presença do gado e compactação do solo.
Ponto 3	Muito baixa Baixa	PAST; VNF; AU.	Classe I	Nos dois períodos o ponto apresentou condições semelhantes no volume de água e da cobertura vegetal em suas margens (mata galeria). No entanto no entorno do ponto de coleta a presença de pisoteio do gado tornou-se mais evidente no inverno.

Ponto 4	Muito baixa Baixa Média Alta	CDC; PAST; VNF; AU.	Classe II	As condições do barramento mostraram-se semelhantes nos dois períodos. Nos dois períodos foram evidenciados processos de erosão hídrica principalmente à margem esquerda do barramento. Não houve recuo do volume d'água no período seco.
Ponto 5	Muito baixa Baixa Média Alta Muito alta	CDC; PAST; VNF; AU.	Classe I	Nos dois períodos foi constatada a presença de resíduos às margens da MS 320. O volume d'água se mostrou o mesmo, porém no inverno verificou-se abertura de uma rampa para travessia do gado pelo córrego.
Ponto 6	Baixa Média Alta	CDC; PAST; VNF; AU.	Classe I	Não houve alterações significativas neste ponto durante a primavera e inverno, tanto na qualidade da água quanto nos sedimentos em suspensão. Mata ciliar às duas margens, cercado por pastagem à margem esquerda e silvicultura à margem direita em 100 metros.
Ponto 7	Sem dados	Sem dados	Classe I	As condições verificadas neste ponto quanto ao uso e cobertura da terra se fizeram idênticas neste período. Alterações significativas apenas quanto à amostragem da qualidade das águas superficiais na primavera Classe II e inverno Classe I.

Fonte: Elaborado pelo autor.

* Classes de uso da terra: CDC = Corpos d'água continental; CS = Campo Sujo; PAST = Pastagem; VNF = Vegetação Natural Florestal; AU = Área Úmida.

CONCLUSÃO

Por meio da análise sistêmica foi possível buscar de forma integrada o entendimento dos aspectos dinâmicos entre os elementos físicos e da ação antrópica corrente na BHCS.

A partir do uso das geotecnologias e de dados coletados em campo, foi possível a confecção de produtos cartográficos essenciais para a aplicação das etapas estipuladas inicialmente. A metodologia empregada da fragilidade ambiental possui tais características, de modo que observa qualitativa e quantitativamente os elementos físicos de um dado ambiente e com o auxílio das geotecnologias as transforma em informações relevantes a fim de auxiliar no planejamento ambiental.

O auxílio das informações sobre a qualidade das águas superficiais e sedimentos em suspensão tornou-se de suma importância, no sentido de realizar uma conexão entre a metodologia proposta e as condições legais e ambientais das APPs, possibilitando verificar se as áreas indicadas como preservadas ou degradadas no mapa síntese de fragilidade ambiental confirmam-se de fato com as condições analisadas em campo.

Concluiu-se, segundo o mapa síntese, que a BHCS possui em geral 0,61% de áreas com fragilidade ambiental muito baixa, 23,01% baixa, 74,85 % média, 1,47% alta e 0,06% muito alta. Nota-se que a fragilidade ambiental média predominante na bacia é associada, em um primeiro momento no mapeamento da fragilidade potencial, à presença de áreas prioritárias para conservação da biodiversidade, valores mais altos de declividade e aos Neossolos Quartzarênicos; e em um segundo momento, impulsionada pelas atividades de pastagem e silvicultura que somados representam 81,57% da extensão total da bacia.

Cabe salientar que seguindo a metodologia de Ross (1994) do mapa síntese, não foram utilizados pesos diferentes no cálculo de ponderação entre pastagem e silvicultura (as duas classes têm peso 3 na ponderação). Contudo, identificou-se a necessidade de se ponderar como valor mais alto de fragilidade pastagens mais degradadas, onde a proteção vegetal e práticas conservacionistas não são aplicadas.

Áreas com plantio de silvicultura tendem a propiciar maior proteção ao solo contra ação das águas pluviais, evitando de maneira mais eficaz problemas relativos à erosão, desde que sejam respeitados os limites das APPs. Mesmo não sendo feita a diferenciação de pesos entre pastagem degradada e silvicultura, as medições de qualidade da água e sedimentos em suspensão puderam evidenciar áreas que eventualmente sofrem com maior degradação na prática em relação ao que foi identificado no mapa síntese.

A BHCS D apresenta condições distintas entre níveis de degradação e preservação em suas APPs, que devem ser observadas e pontuadas conforme a proposta aplicada. Portanto, identificou-se as seguintes condições nos pontos analisados.

O trecho das APPs do ponto 1 ao ponto 2, mesmo apresentando predominância de fragilidade ambiental baixa, possui áreas de média e alta fragilidade ambiental que encontram-se em barramentos que servem como bebedouro para o gado no alto curso. A classe II de limitação do uso da água e o valor de 120 g/m³ de sedimentos em suspensão na primavera no ponto 1, indicam reflexos do uso e cobertura da terra nas APPs, onde a vegetação ciliar encontra-se presente, mas a falta de proteção em áreas pontuais pode afetar o nível de fragilidade ambiental, ocasionando a compactação do solo e a queda nos parâmetros de qualidade da água. Próximo ao ponto 2, a presença do gado no barramento e a falta de cercamento podem propiciar a queda de qualidade igualando-as ao do ponto 1 devido às semelhanças de uso e cobertura da terra.

Na faixa das APPs do ponto 2 ao ponto 4 no Córrego São Domingos, a predominância da classe de fragilidade ambiental baixa vai ao encontro do que aponta os parâmetros de qualidade das águas (classe I) e sedimentos em suspensão (0 g/m³ nas duas estações). Esta situação condiz com a presença da vegetação ciliar encontrada nestas faixas e aponta uma melhor preservação ainda que as APPs estejam cercadas pelo uso de pastagem.

As análises feitas das faixas de APPs no ponto 3 do Córrego Valinho apontam maior extensão de fragilidade ambiental baixa durante a maior parte de seu curso, mas a fragilidade média e a fragilidade alta encontram-se em áreas sensíveis como as nascentes de seus dois afluentes.

Esses indicadores da fragilidade ambiental apresentam reflexos no ponto de coleta da qualidade das águas superficiais, apresentando classe II no principal barramento deste afluente, assim como, a exemplo do ponto 1, a presença do gado não só nos pontos de bebedouro, mas também nas principais nascentes deste afluente. Corroborando com esta análise, o ponto 3 apresentou carga de sedimentos em suspensão de 160 g/m³, o maior valor identificado entre todos os pontos. A necessidade de maior proteção destas áreas torna-se latente, como o cercamento e a regeneração natural, à medida que a falta de medidas conservacionistas tendem a agravar a situação já encontrada neste período.

O trecho de APPs que percorre o ponto 4 ao ponto 5 mostrou indicadores positivos quanto à fragilidade ambiental, obtendo apenas as classes muito baixa e baixa. Apresenta vegetação ripária de tipo galeria em boa parte de sua extensão, o que indica influência no que diz respeito ao enquadramento das águas superficiais, à medida que o ponto de coleta 5 apresenta classe I, mesmo resultado do ponto anterior (ponto 4).

Em contrapartida, o valor de sedimentos em suspensão apresentou-se alto na primavera (110 g/m³), o terceiro maior valor dentre as amostras coletadas, onde o valor de turbidez chegou a 271,0 NTU, o maior índice dentre todas as amostras. A presença de erosões na proximidade com a estrada MS-330 à margem esquerda e a passagem de gado pelo córrego

são fatores que influem neste índice e precisam ser revertidos a fim da manutenção dos índices de qualidade da água no local.

Nas APPs do ponto 5 ao ponto 6 observa-se a predominância de níveis de fragilidade ambiental baixa no curso principal do Córrego São Domingos, porém em seus afluentes Córrego Cabeceira do Açude, cabeceira da Lagoa, Guará e Santa Lúvia apresentaram níveis de fragilidade ambiental média, alta e muito alta principalmente em barramentos ao longo dos cursos d'água e em suas nascentes. Problemas quanto à falta de vegetação e cercamento, bem como presença de vegetação ciliar, assim como identificados no ponto 1 e 3, foram constatados.

As faixas entre o ponto 6 ao ponto 7 (foz do Córrego São Domingos) apresentaram fragilidade ambiental baixa, média e alta. A baixa fragilidade predominante explica-se pela presença de vegetação ciliar, o que reflete também na classe I de limitação do uso da água e no valor de sedimentos em suspensão de 0 g/m³, observado neste local nas duas estações analisadas. A alta fragilidade localizou-se próximo à foz e tem correlação com o uso e cobertura da terra, onde as áreas úmidas e corpos d'água continentais obtêm peso 5 de fragilidade ambiental e impulsionaram a ponderação do mapa síntese nesta área.

Por fim, as faixas de APPs que mostraram maior relação entre os níveis de fragilidade ambiental média e alta, com classes mais baixa de uso das águas superficiais e maior volume de sedimentos em suspensão foram os pontos 1, 2, 3 e 7. Estas áreas apresentaram maior necessidade de proteção efetiva, seja por meio de cercamento para evitar a entrada do gado em áreas de nascente e a beira do córrego, ou de medidas conservacionistas a fim de regenerar sua vegetação natural.

Os pontos 2, 4 e 6 apresentaram níveis de fragilidade menores, consecutivamente, mostraram melhores condições quanto à presença de vegetação natural, qualidade das águas superficiais e menor volume de sedimentos em suspensão apesar de cercados por pastagem e silvicultura após suas APPs.

Sugere-se que, posteriormente, em futuros trabalhos voltados à temática sobre fragilidade ambiental na região, elabore-se uma classificação diferenciada para a classe pastagem em relação ao seu grau de proteção, refinando esta classificação para diferenciação de pastagens degradadas e não degradadas e manejadas sustentavelmente, estabelecendo assim uma diferenciação maior à variável do uso e cobertura da terra.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, S. C. S. **Modelos de simulação baseados em raciocínio qualitativo para avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas**. 2005. Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, 2005.

BRAZ, A. M. **Geotecnologias Aplicadas na Análise das Implicações entre o Uso, Cobertura e Manejo da Terra e da Qualidade das Águas Superficiais: Bacias Hidrográficas dos Córregos Lajeado Amarelo e Ribeirãozinho, Três Lagoas/MS**. 2017. 287 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2017.

CAZULA, L. P; MIRANDOLA, P. H. Bacia hidrográfica Conceitos e importância como unidade de planejamento: um exemplo aplicado na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado/SP - Brasil. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros**, v. 12, p. 1-24, 2010.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, CONAMA. **Resolução 357/2005, Enquadramento dos Corpos Hídricos Superficiais no Brasil**. Publicada no DOU n 92, de 13 de maio de 2011, Seção 1, 89p. Brasília, Governo Federal, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006.

FERREIRA, C. C. **Geotecnologias aplicada à Criação e Organização de Banco de Dados Geoambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Sucuriú - MS/BR**. 2011. 193 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE. **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182p. (Manuais Técnicos em Geociências).

IZIPPATO, F. J. **Diretrizes para análise ambiental com uso de geotecnologias na Bacia Hidrográfica do Córrego do Pinto, Três Lagoas/MS**. 2013. 161 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2013.

KAWAKUBO, S. F. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. *In*: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril, 2005. **Anais...**, Goiânia: INPE, 2005, p. 2203-2210.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

LIBAULT, A. Os quatro níveis da pesquisa geográfica. **Métodos em Questão**, Instituto de Geografia (USP), São Paulo, n. 1, p. 1-14, 1971.

MEDEIROS, R. B. **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**. 2015. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, MMA. **Caderno setorial de recursos hídricos: agropecuária**. Brasília: MMA, 2006. 96 p.

OLIVEIRA, S. B.; MATAVELI, A. G. Avaliação do desempenho dos classificadores Isoseg e Bhattacharya para o mapeamento de áreas de cana-de-açúcar no município de Barretos-SP. *In*: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2003.

PACHECHENIK, P. E. et al. Fragilidade potencial e emergente na bacia do Rio das Pedras, Guarapuava/PR – Brasil. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 14, n. 47, p. 01–14, 2013.

PEREIRA, R. V. **Análise da fragilidade ambiental a processos erosivos no município de Campos Gerais-MG**. 2014. Dissertação (Mestrado acadêmico em Geografia) – Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2014.

PINTO, A. L. et al. Avaliação da eficiência da utilização do oxigênio dissolvido como principal indicador da qualidade das águas superficiais da bacia do córrego Bom Jardim, Brasilândia/MS. **Revista GEOMAE**, Campo Mourão, v. 1 n. 1, p. 69-82, 2010.

RAMALHO-FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995. 65 p.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropotizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 8, p. 63-74, 1994.

SILVA, R. V. da. Estimativa De Largura De Faixa Vegetativa Para Zonas Ripárias: Uma Revisão. *In: I Seminário de Hidrologia Florestal: Zonas Ripárias*, Alfredo Wagner/SC, 2003.

SPÖRL, C.; ROSS, J. L. S. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. **GEOUSP – Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 15, p. 39-49, 2004.

TAVARES, A. R. **Monitoramento da Qualidade e Diagnóstico de Conservação das Águas do Rio Paraíba do Sul**. 2006. 202 f. Dissertação (Mestrado em Infraestrutura Aeroportuária) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2006.

VICENTE, L. E.; PEREZ FILHO, A. Abordagem sistêmica e geografia. **GEOGRAFIA**, Rio Claro, v. 28, n. 3, p. 323-344, set./dez. 2003.

VITTE, A, C.; MELLO, J, P. Mapeamento da fragilidade ambiental na bacia do Rio Verde, Região Nordeste do estado de São Paulo, Brasil. **GEOUSP – Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 35, p. 192-222, 2013.