

FRAGILIDADE AMBIENTAL DE MANANCIAIS DE ABASTACIMENTO PÚBLICO: ESTUDO DE CASO DA REPRESA DE SÃO PEDRO, JUIZ DE FORA - MG

Diogo Parreira Lapa ¹
Cezar Henrique Barra Rocha ²
Roberto Marques Neto ³

INTRODUÇÃO

Um dos fatores fundamentais para a sobrevivência da humanidade foi o reconhecimento da importância da água enquanto recurso, o que motivou sociedades inteiras a se instalarem próximas a mananciais e rios. Rocha (2023), em seu livro “*Represas de abastecimento público de Juiz de Fora: mananciais da vida*” afirma a importância dos mananciais para as cidades (com foco para o município de Juiz de Fora, MG) e para as pessoas, e que mesmo possuindo distorções acerca de seu principal uso (atividades de lazer e urbanização intensa nas margens, frente o abastecimento público), seguem sendo vitais para as populações que deles dependem.

Não obstante sua tamanha importância, essas áreas ainda estão propensas a riscos que podem vir a prejudicar toda a linha de abastecimento do município o qual tais áreas suprem (ROCHA et al, 2022). Esses riscos são observados em espacialidades onde não existem ou não são respeitadas as áreas de preservação permanente – APP das margens do reservatório e de seus afluentes, em locais onde ocorre alto nível de urbanização e usos diversos da terra, que não a vegetação e áreas em recuperação. Esses usos indevidos expõem o manancial à contaminações por matéria orgânica, a uma maior sedimentação do mesmo e a uma eventual proliferação de bactérias comprometedoras da qualidade hídrica (BUCCI; OLIVEIRA, 2014; ROCHA, 2023).

Pode-se inferir que a maioria dos reservatórios de abastecimento público apresentam suas margens permeadas por usos indevidos, com suas áreas de reposição hídrica envoltas em silviculturas e pastagens com finalidade comercial e com pouca ou nenhuma mata ciliar (ROCHA, 2023). Por esse cenário, se faz importante e interessante a aplicação de métodos que consigam identificar e demonstrar as áreas próximas a esses

¹ Mestrando do Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora - MG, diogo.parreira@ich.ufjf.br;

² Professor do Departamento de Transportes e Geotecnia da Universidade Federal de Juiz de Fora - MG, cezar.barra@ufjf.br;

³ Professor do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Juiz de Fora - MG, roberto.marques@ufjf.br;

mananciais que, mesmo em um cenário longe do ideal, se encontrem com maior potencial de causar alterações na água, seja por meio de maior carga orgânica ou de sedimentos, ou eventuais movimentos de massa. Incidindo na problemática exposta, o presente trabalho apresenta uma aplicação do cômputo do Índice de Fragilidade Ambiental (IFA) para o monitoramento e auxílio na tomada de decisão nessas áreas, conforme aplicado por Soares et al. (2008) em uma microbacia do rio Campestre em Colombo – PR.

Desde as primeiras publicações que trouxeram a concepção de Unidades Ecodinâmicas da Paisagem (TRICART, 1977; ROSS, 1994) ficou estabelecido que as mesmas possuem seu propósito e objetivo direcionado ao planejamento ambiental, sendo sempre destacados como uma metodologia que permite a compreensão dos elementos da paisagem e a forma com que eles agem na superfície, podendo, ou não, gerar alterações na mesma (AMARAL; ROSS, 2004).

Assim, quando se pensa que tal metodologia permite e possibilita que sejam executadas ações de modo a evitar movimentos de massa e/ou diminuir a sedimentação de rios e lagos (LAPA, 2023), é quase automático pensar que, em uma aplicação em escala de detalhe, voltada aos reservatórios de abastecimento público municipais, entregaria bons resultados, visto a possibilidade de melhora da qualidade da água no manancial.

Dessa forma, o presente trabalho traz como objetivo aplicar a metodologia proposta por Ross (1994) para o estudo da Bacia de Contribuição da Represa de São Pedro (BCRSP), bacia essa que representa hoje o abastecimento de 8% do município de Juiz de Fora (CESAMA, s/d), e que se encontra ocupada por empreendimentos imobiliários e obras de infraestrutura as quais terão como resultados o aumento do fluxo de pessoas nas proximidades do manancial (ROCHA, LAPA e GOMES, 2022; ROCHA et al, 2022), trazendo riscos à qualidade hídrica.

METODOLOGIA

Para aplicar a metodologia das Unidades Ecodinâmicas da Paisagem (ROSS, 1994), primeiro foram selecionadas as variáveis a serem adotadas no cômputo da fragilidade ambiental, e para isso foi utilizado o trabalho de Lapa (2023), que abordou as seguintes variáveis: Agrupamentos Litológicos, Pedologia, Geomorfologia, Precipitação Anual, Declividade e Uso e Cobertura da Terra (Figura 1). Para esses parâmetros, os

critérios escolhidos para ponderar o grau de fragilidade de cada elemento foram os mesmos adotados por Lapa (2023), com pequenas adaptações.

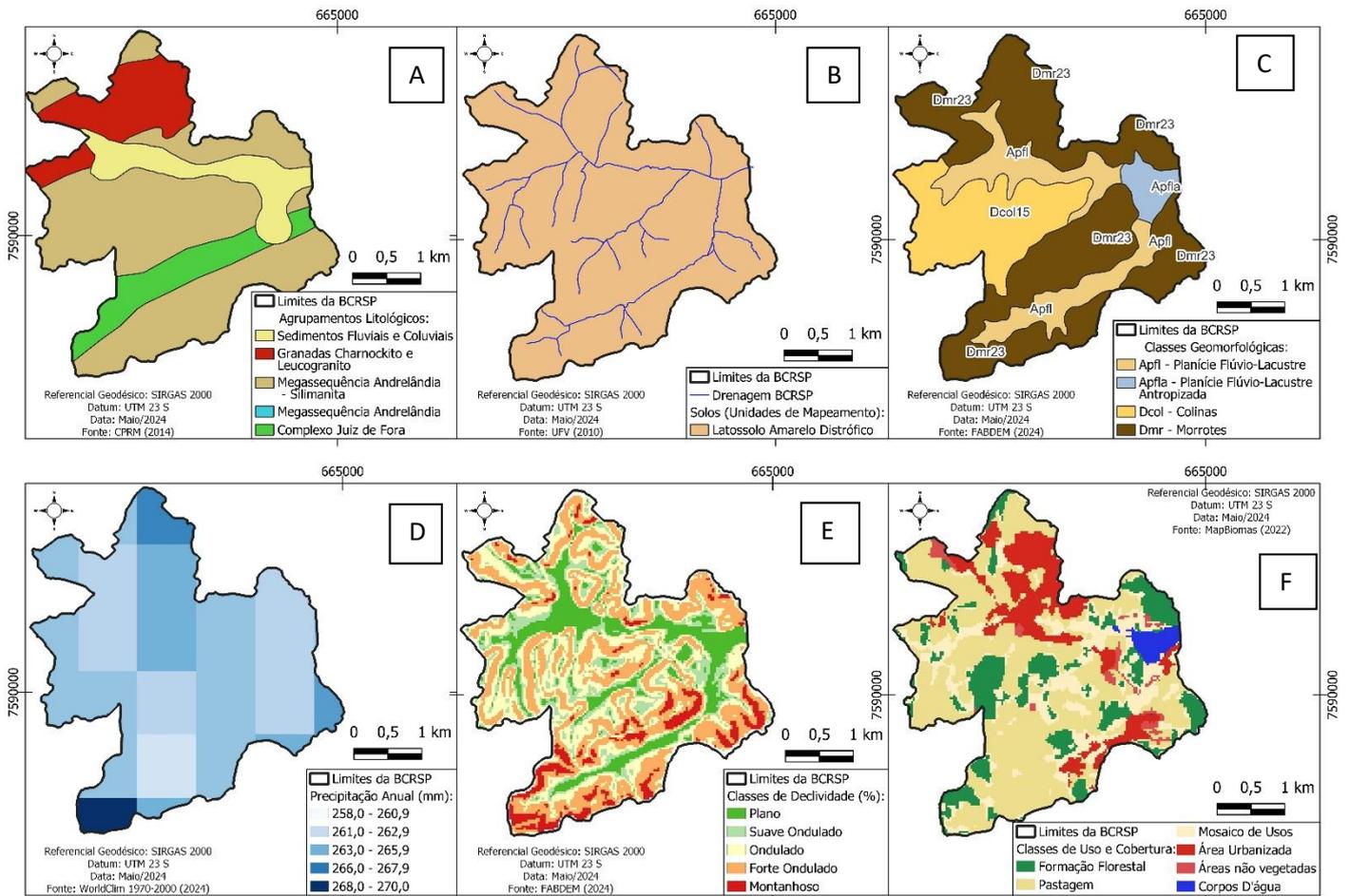


Figura 1: A) Mapa de Agrupamentos Litológicos para a BCRSP; B) Mapa Pedológico para a BCRSP; C) Mapa Geomorfológico para a BCRSP; D) Mapa com a distribuição da Precipitação Anual para a BCRSP; E) Mapa de Declividade para a BCRSP; F) Mapa de Uso e Cobertura da Terra para a BCRSP. **Fonte:** Os autores (2024).

Para a litologia (Figura 1A), foi utilizada a base da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais para o estado de Minas Gerais (CPRM, 2010). Por meio desta foram encontrados os Agrupamentos Litológicos presentes, e seguindo o parâmetro adotado por Lapa (2023), os dados encontrados receberam pesos e foram elencados em 1 *Muito Baixo* a 5 *Muito Alto* de acordo com o grau de friabilidade das rochas que compõem o agrupamento (1 – *Muito Baixa*: Quartzito; 2 – *Baixa*: Granito; 3 – *Média*: Migmatito; 4 – *Alta*: Gnaiss/Xisto; 5 – *Muito Alta*: Sedimentos Aluviais). Para a área de estudo, foram encontrados agrupamentos que podem ser caracterizados como tendo predominância de quartzitos, granitos e gnaisses, com intrusões diversas. Para os pesos e classificação, foi adotado o critério utilizado por Lapa (2023).

Para os dados de solo (Figura 1B), foi selecionada a base em escala de 1:650 000 elaborada em conjunto pelas universidades federais de Lavras e Viçosa, e outros órgãos competentes (UFV - CETEC - UFLA - FEAM, 2010). No intuito de dirimir generalizações escalares, os solos foram interpretados de acordo com seu grau de maturidade, seguindo o proposto por Espíndola (2013). Assim, como no local foi encontrado apenas um tipo pedogenético, foi adotada a classificação feita por Lapa (2023) para este tipo, ressaltando que mesmo sem haver variedade, o tipo de solo se faz relevante devido a sua erodibilidade.

Para os dados geomorfológicos (Figura 1C), foi aplicada a metodologia de Nunes et al (1994). Foi utilizado um Modelo Digital de Elevação (MDE) do projeto *Forest And Buildings removed Copernicus DEM* (FABDEM), que fornece maior acurácia devido a filtrar vegetação e construções para a visualização do relevo e apresentar pixels de 30 metros (HAWKER, et al. 2022). Isso mostrou que a região, seguindo a tendência já descrita por Ab'Saber (2003) é repleta de morros, morrotes e colinas, sendo justamente esses os predominantes na área de estudo, devido principalmente à declividade e à profundidade de dissecação do relevo. Assim, de modo a possibilitar a classificação, foram considerados os seguintes padrões da matriz de dissecação do relevo como correspondentes às classes de fragilidade: 1 – *Muito Baixo*: 11; 2 – *Baixo*: 21, 22, 12; 3 – *Média*: 31, 32, 33, 13, 23; 4 – *Alta*: 41, 42, 43, 44, 14, 24, 34; 5 – *Muito Alta*: 51, 52, 53, 54, 55, 15, 25, 35, 45.

Os dados de precipitação foram obtidos junto ao projeto *WorldClim* (FICK; HIJMANS, 2017) que realizou a reanálise dos dados compreendidos no intervalo entre os anos de 1970 – 2000. Esses dados foram interpolados e receberam pesos de 1 *Muito Baixo* a 5 *Muito Alto*, de acordo com o acumulado médio encontrado (Figura 1D). Para a área, devido às suas dimensões, foi observada pouca variação na precipitação média anual, variando por volta de 20mm (250mm – 270mm). Devido à proximidade dos valores encontrados, foram todos elencados na mesma classe (3 *Média*).

Para a declividade (Figura 1E), foi utilizado o mesmo MDE. A mesma foi classificada de acordo com a determinação da EMBRAPA (1979) onde: Plano = 0,0% – 3,0%; Suave Ondulado = 3,1% – 8,0%; Ondulado = 8,1% – 20,0%; Forte Ondulado = 20,1% – 45,0%; Montanhoso = 45,1% – 75,0%; Escarpado \geq 75,1%. O declive encontrado foi predominantemente das classes Plano e Forte Ondulado, devido as planícies presentes na bacia e aos interflúvios do local.

E para o uso e cobertura da terra (Figura 1F), foi utilizado com dados base as informações obtidas junto ao projeto MapBiomas para o ano de 2022. Esses dados foram tratados e as classes encontradas receberam valores invertidos se comparados as demais, onde 1 equivale a *Muito Alto* e 5 a *Muito Baixo*, isso se tratando do grau de proteção que o uso e cobertura fornece.

Com esse preparo realizado, a elaboração do Índice de Fragilidade Ambiental (IFA) foi calculada com base na álgebra de mapas, onde foram adicionados os mapas das variáveis acima, divididas pelo seu número, resultando na média para a fragilidade ambiental encontrada nos pixels adotados, no seguinte modelo (Equação 1):

Equação 1 – Equação que ilustra o cálculo realizado utilizando as variáveis consideradas para o presente trabalho.

$$IFA = \frac{(D + P1 + G + P2 + L + UeC)}{6}$$

Fonte: Adaptado de Lapa (2023).

onde: IFA = Índice de Fragilidade Ambiental; D = Declividade; P1 = Precipitação Anual; G1 = Geomorfologia; P2 = Pedologia; L = Litologia; UeC = Uso e Cobertura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado, um primeiro ponto a destacar é que, por se tratar de uma equação que levou em conta os dados de uso e cobertura da terra, o resultado cartográfico foi um mapa representando a fragilidade ambiental emergente para a área da BCRSP (ROSS, 1994; AMARAL e ROSS, 2004; LAPA, 2023). Dessa forma, foi gerado o IFA para a BCRSP (com referência no ano de 2022 devido ao Uso e Cobertura) (Figura 2), constatando que a BCRSP possui um IFA que vai do 2 *Baixa* ao 5 *Muito Alta* (com predominância visual da classe *Média*), sendo que a classe *Baixa* representa 4,14% da área total, enquanto a *Média* representa 84,07%, a *Alta* 11,77% e a *Muito Alta* compreende 0,02% da bacia.

Graças à adição da hidrografia local, foi possível constatar que as áreas com menor fragilidade são as que estão associadas às nascentes e canais que abastecem o reservatório, isso principalmente na porção sul da bacia (especificamente na área por onde passa o canal fluvial, contrastando com suas proximidades diretas), com a área central fugindo dessa disposição. Como panorama da BCRSP, pode-se inferir que a ausência ou ocorrência reduzida de matas ciliares nas margens dos canais (como observado pelo mapa de uso e cobertura da terra, que não indica a presença dessa cobertura próxima aos canais)

contribuem para que sua grande maioria estejam associadas às áreas de fragilidade Média/Alta, visto a menor proteção do solo nesses locais.

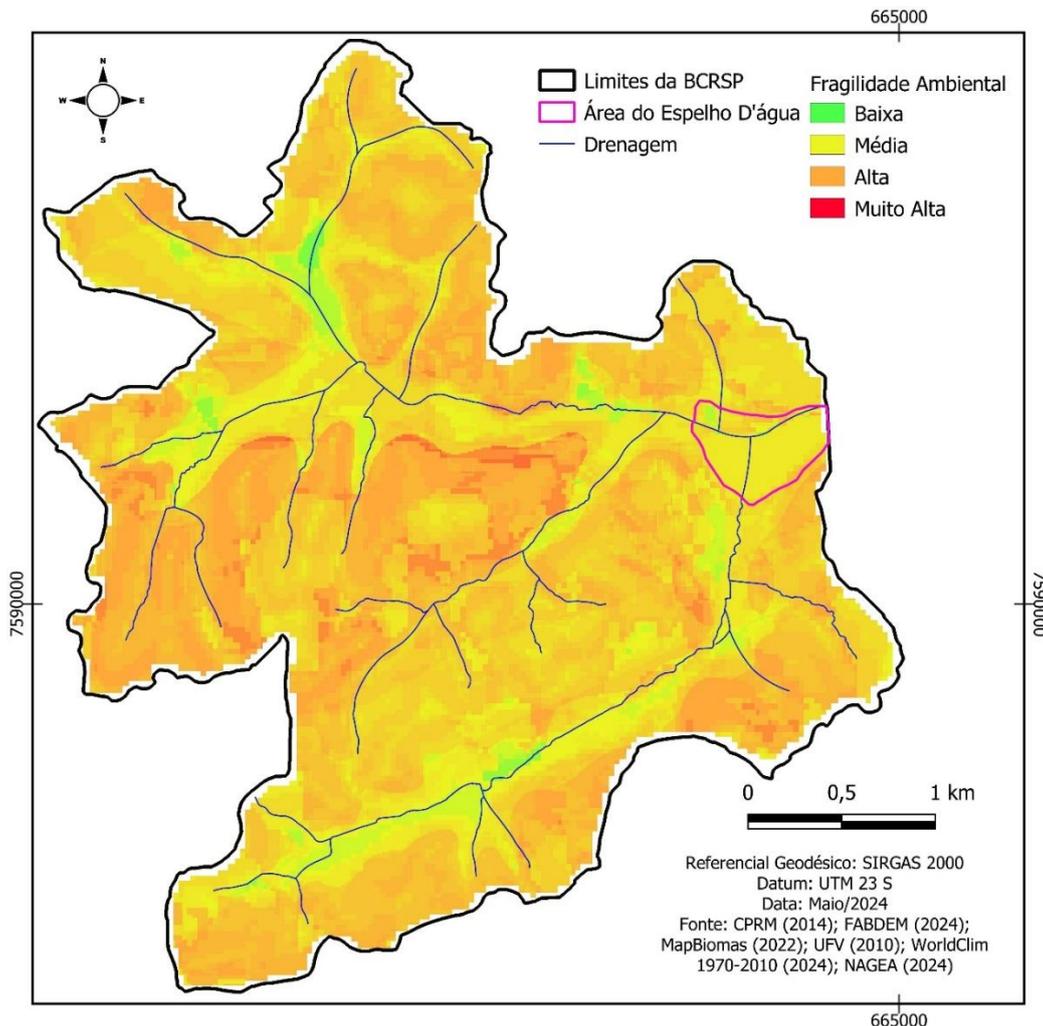


Figura 2: Mapa demonstrando a Fragilidade Ambiental na BCRSP, Juiz de Fora – MG. **Fonte:** Os autores (2024).

Importante destacar a proximidade que as áreas de fragilidade *Alta* e *Muito Alta* tem dos canais, com um deles inclusive perspassando uma região de IFA *Médio* e *Alto* em toda sua trajetória. Isso se dá devido a junção entre os declives Ondulado e Forte Ondulado (Figura 1E) e o Uso e Cobertura da Terra na bacia, que conforme visto na Figura 1F apresenta maior ocupação urbana no setor sul e norte da bacia onde há a ocorrência de condomínios e loteamentos com finalidade residencial (ROCHA, LAPA; GOMES, 2022), e uma baixa proteção ao solo na parte central, onde ocorre a predominância da classe Pastagem com inserções de Mosaico de Usos.

Importante destacar que, mesmo o declive sendo moderado na área, predominantemente tipificada em colinas (Figuras 1C e 1E), a junção entre a morfologia,

a cobertura do solo e a alta friabilidade dos gnaisses, acaba tornando o setor central da BCRSP como aquele com maior fragilidade dentro da bacia.

Um ponto válido a se destacar é a coincidência espacial entre as áreas de Sedimentos Fluviais e Coluviais com as áreas de baixa fragilidade na altura dos canais e média fragilidade para o reservatório (Figura 1A). Devido à classificação adotada para os Agrupamentos Litológicos, esse resultado deveria indicar uma fragilidade *Muito Alta*, porém com a junção do relevo, com suas Planícies Fluvio-Lacustres e declives Planos (Figuras 1C e 1E), acaba por equilibrar a fragilidade, sendo um exemplo da importância da junção das multi-variáveis para a análise do IFA.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no levantamento pelo presente estudo, se constata que a Bacia de Contribuição da Represa de São Pedro existe em um estado de frequente ameaça devido a união de variáveis que a compõem, mas principalmente às alterações que ocorrem em sua superfície, principalmente com o aumento da urbanização na mesma.

Ficou então constatado que a área de contribuição deste importante manancial de abastecimento público para o município de Juiz de Fora se encontra dividida entre ser um instrumento de urbanização (atrativo para empreendimentos e práticas diversas de lazer), ou cumprir uma funcionalidade voltada para o abastecimento urbano.

Finalmente, visando mitigar a Fragilidade Ambiental encontrada, são elencadas as seguintes propostas de ação:

- Reflorestamento da área da bacia, principalmente em suas cabeceiras de drenagem;
- A interferência do poder público nos empreendimentos que ali estão com criação de leis municipais e fiscalização eficiente em prol de maior arborização e menor impermeabilização do solo;
- Proibição de novos empreendimentos que irão aumentar a sedimentação na área da bacia durante suas obras de implementação, e que ocasionarão a impermeabilização do solo em sua fase de vendas/entrega, devido ao arruamento e residências ali construídas.

Palavras-chave: Fragilidade Ambiental; Mananciais de Abastecimento Público; Urbanização.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) pela bolsa concedida ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A.N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. Vol. 1. Cotia: Ateliê Editorial, 2003.
- AMARAL, R.; ROSS, J.L.S. As unidades ecodinâmicas na análise da fragilidade ambiental do Parque Estadual do Morro do Diabo e entorno, Teodoro Sampaio/SP. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, v. 13, n. 2, p. 59-78, 2009.
- BUCCI, M.H.S.; OLIVEIRA, L.F.C. Índices de qualidade da água e de estado trófico na Represa Dr. João Penido (Juiz de Fora, MG). **Revista Ambiente & Água**, v.9, n.1, p.130-148, 2014.
- CESAMA - Companhia de Saneamento Municipal. **Represa de São Pedro**. Juiz de Fora. Disponível em: <https://www.cesama.com.br/mananciais/represa-de-sao-pedro-2>. Acesso em: maio de 2024.
- COMPANHIA DE PESQUISA E RECURSOS MINERAIS (CPRM). **Mapa geológico do estado de Minas Gerais**. Rio de Janeiro: CPRM, 2014.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro, 1979. 83p.
- ESPINDOLA, C.R. **Gênese e evolução das formações superficiais nos trópicos**. São Paulo: Editora Rocco, 2013. 368p.
- FICK, S. E.; HIJMANS, R. J. WorldClim 2: new 1 :km spatial resolution climate surfaces for global land areas. **International Journal Of Climatology**, v. 37, n. 12, p. 4302-4315, 2017.
- HAWKER, L.; UHE P.; PAULO L.; SOSA J.; SAVAGE J.; SAMPSON C.; NEAL J. A 30 m global map of elevation with forests and buildings removed, **Environmental Research Letters**, 17(2), 024016, 2022.
- LAPA, D.P. **FRAGILIDADE AMBIENTAL EM TRÊS RIOS (RJ): avaliação de sua evolução temporal entre os anos de 2002 e 2022**. 2023. 71f. TCC (Graduação) - Curso de Geografia, Departamento de Geociências, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2023.
- NUNES, B.A.; RIBEIRO, M.I.C.; ALMEIDA, V.J.; NATALI FILHO, T. **Manual técnico de geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1994. 113p.
- ROCHA, C.H.B. (org.). **Represas de abastecimento público de Juiz de Fora: mananciais da vida**. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), 2023.
- ROCHA, C.H.B.; DUARTE, R.L.; MATOSO, R.O.C.; SOUZA, L.V.; SILVEIRA, F.J.; MACHADO, M. M. M. Vulnerabilidades socioambientais associadas à implantação de rodovias às margens do reservatório de abastecimento público da Represa de São Pedro, Juiz de Fora, MG. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, [S. l.]**, v. 11, n. 1, p. e19805, 2022.
- ROCHA, C.H.B.; LAPA, D.P.; GOMES, F.C.M. Por que permitiram “essa” alteração da paisagem da Bacia da Represa de São Pedro em Juiz de Fora (MG) nos últimos 20 anos? In: **IV SRHPS - Simpósio de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul**, 2023, Campos dos Goytacazes/RJ. ABRHidro, 2022. v. 1. p. 1-10.
- ROSS, J.L.S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia - FFLCH/USP**, n° 8 p. 63-73, 1994.
- SOARES, M.R.G.J.; MELLEK, J.E.; ORRUTEIA, A.G.; KUMMER, L.; NUNES, T.; BARROS, Y.J.; ANDRETTA, R.; FAVARETTO, N.; SOUZA, L.C.P. POTENCIAL DE USO AGRÍCOLA E FRAGILIDADE AMBIENTAL DA MICROBACIA DO RIO CAMPESTRE, COLOMBO-PR. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 4, p. 587-596, 2008.
- TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 91p., 1977.
- UFV - CETEC - UFLA - FEAM. **Mapa de solos do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010. 49p.