

## ABORDAGEM HIDROGEOGRÁFICA DA OCORRÊNCIA E FORMAÇÃO DE ÁREAS ÚMIDAS NO DOMÍNIO DOS “MARES DE MORRO”

### HYDROGEOGRAPHICAL APPROACH ON WETLANDS OCCURRENCE IN THE “MARES DE MORRO” DOMAIN

**Isabel Patrícia Martins Baêta Guimarães**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Juiz de Fora

Discente do Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGEO/UFJF

Rua José Lourenço Kelmer, s/n, São Pedro, Juiz de Fora, MG, Brasil CEP: 36036900

Email: [isabel.martins@ich.ufjf.br](mailto:isabel.martins@ich.ufjf.br)

**Miguel Fernandes Felipe**

Universidade Federal de Juiz de Fora

Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGEO/UFJF

Departamento de Geociências, Instituto de Ciências Humanas

Rua José Lourenço Kelmer, s/n, São Pedro, Juiz de Fora, MG, Brasil CEP: 36036900

Email: [miguel.felippe@ich.ufjf.br](mailto:miguel.felippe@ich.ufjf.br)

Recebido em 18 de fevereiro de 2021, Aceito em 07 de junho de 2021

<https://doi.org/10.26512/2236-56562021e40274>

#### **Resumo**

As áreas úmidas (AUs) ou *wetlands* são sistemas hidrogeomorfológicos saturados de água (permanentemente ou temporariamente) durante um período de tempo suficiente para o desenvolvimento de ecossistemas ímpares, em contextos geomorfológicos e pedológicos específicos. Devido à grande relevância ambiental que possuem, são objetos de diversas pesquisas, as quais normalmente preconizam áreas úmidas de grande porte. Diante da necessidade de conhecimento sobre as pequenas áreas úmidas que ocorrem no domínio dos Mares de Morro, o presente trabalho visa compreender a distribuição espacial e classificar tais sistemas no contexto da bacia hidrográfica de contribuição da Represa de São Pedro, em Juiz de Fora-MG. O recorte estudado apresenta nove áreas úmidas (0,7 por km<sup>2</sup>), classificadas como ‘fluviais’ e “de depressão”, com ocorrência frequente em cabeceiras de drenagem com controle estrutural associado a falhamentos em rochas pré-cambrianas. A dinâmica híbrida de alimentação entre águas pluviais, fluviais e subsuperficiais foi notória, estando atualmente em processo de alteração por pressões humanas, o que levanta questionamentos acerca da integridade desses sistemas na manutenção de suas funções ecológicas.

Palavras-chave: Hidrossistemas; hidromorfismo; brejo.

#### **Abstract**

Wetlands are hydrogeomorphological systems saturated by water long enough (permanent or temporary) to develop particular ecosystems into specific geomorphological and pedological contexts. Due to their vast environmental relevance, they are subject of several research that usually emphasize large wetlands. Facing the lack of knowledge about small wetlands that are common in the Mares de Morro domain, this work aims to comprehend the spatial distribution and to classify the wetlands from São Pedro Dam watershed, in Juiz de Fora, Minas Gerais state, Brazil. We notice nine wetlands (0,7 per km<sup>2</sup>), classified as “fluvial” and “depressional”. They are frequent on headwaters with structural control from faults associated with Precambrian rocks. They have hybrid hydrodynamics with influence of pluvial, fluvial, and underground waters, but we can see an increasing human pressure over the studied wetlands, which raises doubts about their systems integrity and ecological functions.

Keywords: Hydrosystems; hidromorphism; swamp



## Introdução

Áreas úmidas (ou *wetlands*) são sistemas hidrogeomorfológicos que têm sua conformação a partir da saturação em longo prazo de uma superfície pela água (GOMES; MAGALHÃES JÚNIOR, 2017). Podem ser conceituadas como “sistemas permanentes ou temporariamente saturados, inundados e/ou alagados, formados em relevos e substratos que permitem um maior acúmulo de águas superficiais e/ou subsuperficiais” (GOMES, 2017, p.166). São ambientes que abarcam grande complexidade relativa às gêneses, funções e comportamentos dentro do contexto das paisagens em que ocorrem (DVORETT *et al.*, 2012; JACKSON; THOMPSON; KOLKA, 2014).

As áreas úmidas (AUs) representam meios peculiares, ecossistemas de rica diversidade que podem abrigar seres vivos dos mais diversos reinos, filos, ordens e espécies (JACKSON; THOMPSON; KOLKA, 2014). Podem ser fatores instigantes do desenvolvimento de solos hidromórficos pelas condições e reações químicas que a dinâmica de formação do ambiente úmido proporciona (formando substratos favoráveis a espécies vegetais hidrófilas) (BRINSON, 1993). Elementos fundamentais na estrutura da paisagem (e ligadas ao seu funcionamento geocológico), as AUs apresentam grande relevância na articulação entre recursos hídricos superficiais e subsuperficiais (PHILLIPS, 1989). Assim, consideram-se as AUs como contribuintes para a formação e manutenção de nascentes e canais fluviais (através da infiltração de água, sua estagnação e eventual exfiltração), e também entrando no funcionamento do ciclo hidrológico (ALEXANDER *et al.*, 2018; TUNDISI, 2003) e alimentando-o (sob a ótica de diversas escalas).

Segundo Piedade *et al.* (2012) e Rezaeianzadeh, Kalin e Hantush (2018), suas principais funções envolvem limpeza e armazenamento de água, contribuindo para a melhoria da qualidade (GOLDEN *et al.*, 2019), contribuição de fluxos para os aquíferos rasos, regulagem do microclima, manutenção da biodiversidade, regulagem dos ciclos biogeoquímicos, estocagem de carbono, e habitat para inúmeras espécies (PIEADADE *et al.*, 2012).

Entre os principais serviços proporcionados pelas AUs pode-se listar: (1) Estocagem periódica da água e a sua lenta devolução para os igarapés, córregos e rios conectados, reduzindo com isso as flutuações do nível da água e o perigo de enchentes e secas catastróficas; (2) Recarga dos aquíferos e do lençol freático; (3) Retenção de sedimentos; (4) Purificação da água; (5) Fornecimento de água limpa; (6) Dessedentação de animais, silvestres e domésticos; (7) Irrigação da lavoura; (8) Regulagem do microclima; (9) Recreação (banho, pesca, lazer); (10) Ecoturismo; (11) Manutenção da biodiversidade; (12) Estocagem de carbono orgânico; (13) Moradia para populações tradicionais; (14) Fornecimento de produtos madeireiros e não madeireiros (fibras, plantas medicinais, frutas, etc.), pescado, produtos agrários e de pecuária. (CUNHA; PIEADADE; JUNK, 2014, p. 4)

A primeira abordagem mais direcionada sobre AUs foi feita por Shaw e Fredine (1956), chamando atenção para uma problemática até então despercebida, com o exponencial crescimento de ocupações (sobretudo urbanas): a supressão de AUs. Com a evolução do problema, fez-se a primeira iniciativa oficial e normativa, a Convenção de Ramsar (RAMSAR CONVENTION, 1971) que trouxe um caráter político e utilitário ao chamar a atenção para a perda progressiva das AUs, enaltecendo-as não só como habitat para a ornitofauna aquática, mas também enquanto recursos importantes para a vida humana (inclusive em âmbito social, econômico e cultural).

Dada a relevância das AUs, se faz necessária a realização de estudos e aprofundamentos a respeito desses sistemas, sobretudo no território brasileiro, onde se constituem uma temática de pesquisa relativamente recente. A maioria das AUs observadas e utilizadas como referência ou modelo em obras nacionais são de grande extensão, geralmente situadas em extensas planícies e depressões alagadas, como as do Pantanal mato-grossense, as das baixadas amazônicas (JUNK *et al.*, 2011) e nas regiões litorâneas, como nos mangues e restingas.

As AUs podem ser consideradas sistemas sensíveis às alterações realizadas em seus ambientes e arredores. Enquanto um sistema físico-natural, responde às trocas internas e externas de energia e matéria, comportando e processando inputs e outputs que modificam sua estrutura e a organização (CHRISTOFOLETTI, 1999). Entende-se que, a partir da existência da concepção de sistemas abertos, caóticos e não-lineares (RICHARDS, 2002), as AUs estão em constante processo de troca material e de energia com a paisagem em que se encontram (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2004) e em uma dialógica constante de organização e desorganização (MORIN, 1992). Transformações no uso e cobertura da terra e alterações nas formas de relevo circundantes, por exemplo, podem afetar os principais meios de alimentação hídrica das AUs. Também apresentam grande vulnerabilidade à variação climática, com ênfase na questão de emissão de CH<sub>4</sub> (REZAEIANZADEH; KALIN; HANTUSH, 2018).

Enquanto sistemas complexos dotados de grande diversidade na sua estrutura interna, é comum que se recorra a classificações sistemáticas para facilitar a compreensão das AUs em seus diversos contextos de ocorrência. Brinson *et al.* (1995), sistematizou uma classificação de base hidrogeomorfológica aceita mundialmente (Quadro 1), com enfoque nas características que remetem aos regimes de acumulação de água, à sazonalidade, à umidade, à deposição ou remoção de material, aos fluxos e à declividade das encostas.

Classe hidrogeomórfica	Principal fonte de água	Hidrodinâmica dominante
Fluvial	Inundação de planície fluvial	Unidirecional, horizontal

De depressão	Refluxo de fluxo subsuperficial e subterrâneo	Vertical
De encosta	Refluxo	Unidirecional, horizontal
Estuarina	Elevação de nível de estuário	Bidirecional, horizontal
Lacustre	Elevação de nível de lago	Bidirecional, horizontal
Platôs em solos minerais	Precipitação	Vertical
Platôs em solos orgânicos	Precipitação	Vertical

Quadro 1: Classes de áreas úmidas propostas por Brinson *et al.* (1995).

Fonte: (BRINSON *et al.*, 1998).

Brinson (1993) estabelece as bases para compreensão de uma classificação hidrogeomorfológica para AUs. Partindo da situação geomorfológica, variáveis hidrológicas e ecológicas são hierarquicamente organizadas, perfazendo uma sistemática ampla e bastante complexa da estrutura e funcionalidade desses sistemas.

Recentemente, diversas tentativas de adaptação e readequação da classificação original de Brinson (1993) foram realizadas. Além disso, com o uso de técnicas de geoprocessamento, novas roupagens foram propostas para sistematização de AUs. Schaffer *et al.* (1999) trataram da classificação hidrogeomorfológica para compreensão dos regimes hidrológicos, encontrando grande afinidade entre ambas as abordagens e destacando a existência de classes “atípicas”. Brooks *et al.* (2011), adequam a classificação original de Brinson (1993) para aproximá-la do Inventário Nacional de Áreas Úmidas dos EUA, com claro enfoque na gestão ambiental. Albert *et al.* (2005) trazem uma interessante nova abordagem de classificação de AUs, aplicada para a região dos Grandes Lagos da América do Norte. Gomes e Magalhães Jr. (2020) propõem uma adaptação da metodologia de classificação hidrogeomorfológica, procurando aproximar as classes propostas à realidade das paisagens mineiras. Já na tratativa das geotecnologias, os trabalhos de Dvoretz *et al.* (2012) e Mahdavi *et al.* (2018) são exemplares. Explorando novas ferramentas e novas chaves de classificação, ambos denotam as possibilidades e impossibilidades de aplicação do sensoriamento remoto para estudo de AUs, ressaltando a importância das atividades de campo para a devida confiabilidade dos modelos.

Todavia, existem profundas discussões tangentes à conceituação e classificação de AUs, visto que são objetos tomados pelos mais variados campos do conhecimento, como as ciências biológicas (enquanto habitat), a pedologia (enquanto locais de ocorrência de solos saturados e modificados), engenharia (no que é relativo à estabilidade de certos substratos úmidos; mecânica dos solos e estruturas), urbanismo (paisagismo e funcionalidade para uso da água), entre outras (GOMES; MAGALHÃES JÚNIOR, 2017). No âmbito da geografia, a lente da hidrogeografia é evocada como fundamental para compreensão das AUs enquanto integrantes

da paisagem, sobretudo por sua competência em trabalhar a temática de forma escalar. Como são sistemas de grande complexidade e, por isso, com diversas fisiografias, tamanhos e funcionamentos, há certa dificuldade metodológica em transitar entre as escalas de condicionamento e manifestação das AUs.

Outrossim, a imersão científica nas AUs de pequeno porte é uma lacuna que vem sendo gradativamente suprida nos últimos anos, mas na qual ainda há muitas incógnitas. São mais frequentes do que se supõe, encontrando-se em cabeceiras de drenagem, pequenas planícies fluviais, na margem de lagos e lagoas e em estreitas depressões. São nichos a serem explorados e compreendidos de forma mais ampla. Essa configuração se mostra especialmente ilustrada no cenário dos Mares de Morro (AB'SABER, 1967; 1969; 2003), onde a mamelonização do relevo cria condições propícias para a formação de pequenos sistemas de acumulação de água em superfície, sobretudo, associados aos vales fluviais de baixa ordem. Inserida nesse contexto paisagístico, o município de Juiz de Fora-MG, possui inúmeras ocorrências de AUs dos mais diversos tipos e configurações geomorfológicas (GUIMARÃES; DIAS; FELIPPE, 2019) com significativa concentração na proximidade do interflúvio Peixe-Paraibuna (principais bacias de drenagem do município) e nos arredores das represas e mananciais da cidade; entre elas, a Represa de São Pedro.

A bacia hidrográfica da Represa de São Pedro se mostra um local de síntese do relevo juizforano, com a presença de morros e morrotes de variável controle litoestrutural, alternados com planícies fluviais com significativa ocupação urbana. Apesar de se tratar de uma bacia de área pequena (aproximadamente 13km<sup>2</sup>, 4ª ordem na escala de 1/5.000), há uma concentração relativamente alta de AUs em seu contexto, de ocorrência pontual e que exige escalas detalhadas de trabalho. Considerando a relevância da área de estudo, enquanto bacia de contribuição de um dos mananciais de abastecimento da cidade (SOUZA *et al.*, 2016), a investigação hidrogeográfica e a produção de conhecimento sobre suas AUs remete-se não apenas ao saber técnico-científico, mas também às estratégias e políticas de planejamento urbano, territorial, socioeconômico e ambiental.

Nesse ínterim, objetiva-se elucidar a existência de AUs em contextos considerados incomuns para a ocorrência das mesmas, em especial no domínio dos Mares de Morro. Desta maneira, procura-se ilustrar a possibilidade da existência destes sistemas em paisagens diferentes daquelas tradicionalmente estudadas na literatura brasileira. Para tanto, visa-se interpretar e discutir aspectos hidrogeográficos das AUs da bacia hidrográfica da Represa de São Pedro, a fim de compreender a ocorrência desses hidrossistemas no local, discutir a

distribuição espacial das AUs levantadas na bacia, apontando seus condicionantes de ocorrência e classificar as que foram encontradas.

## **Materiais e métodos**

### *Área de estudo*

Com uma área de 13,04 km<sup>2</sup> (SOUZA *et al.*, 2016), a bacia hidrográfica da Represa de São Pedro localiza-se no estado de Minas Gerais, município de Juiz de Fora, na transição da região Oeste do perímetro urbano para a zona rural (Figura 1). A represa atende a cerca de 8% da população do município, com área superficial de 0,04 km<sup>2</sup>, limitada por uma barragem de 200 m de extensão e 5 m de altura (SOUZA *et al.*, 2016), sendo, portanto, um reservatório de pequena dimensão.

O córrego São Pedro, que drena da represa, integra a rede de drenagem da bacia do rio Paraibuna, um dos principais afluentes do rio Paraíba do Sul. Localizada em um contexto morfotectônico complexo, entre os *horsts* da Mantiqueira e da Serra do Mar, entrecortados por um *gráben* que coincide com o vale de seu curso principal, a bacia do Paraíba do Sul tem sua rede de drenagem condicionada por movimentos diferenciais de grandes blocos em falhas que determinam vales anômalos, praticamente retilíneos (COELHO NETTO, 2003; OLIVEIRA; QUEIROZ NETO, 2007). O rio Paraibuna, principal curso fluvial que drena da área urbana de Juiz de Fora, tem seu canal controlado por falhas que marcam a passagem entre blocos de movimentação distinta, perfazendo setores de agradação generalizada (médio curso, na área urbana de Juiz de Fora) e setores de entalhamento pronunciado em vales retilíneos de leitos rochosos (alto e baixo cursos).

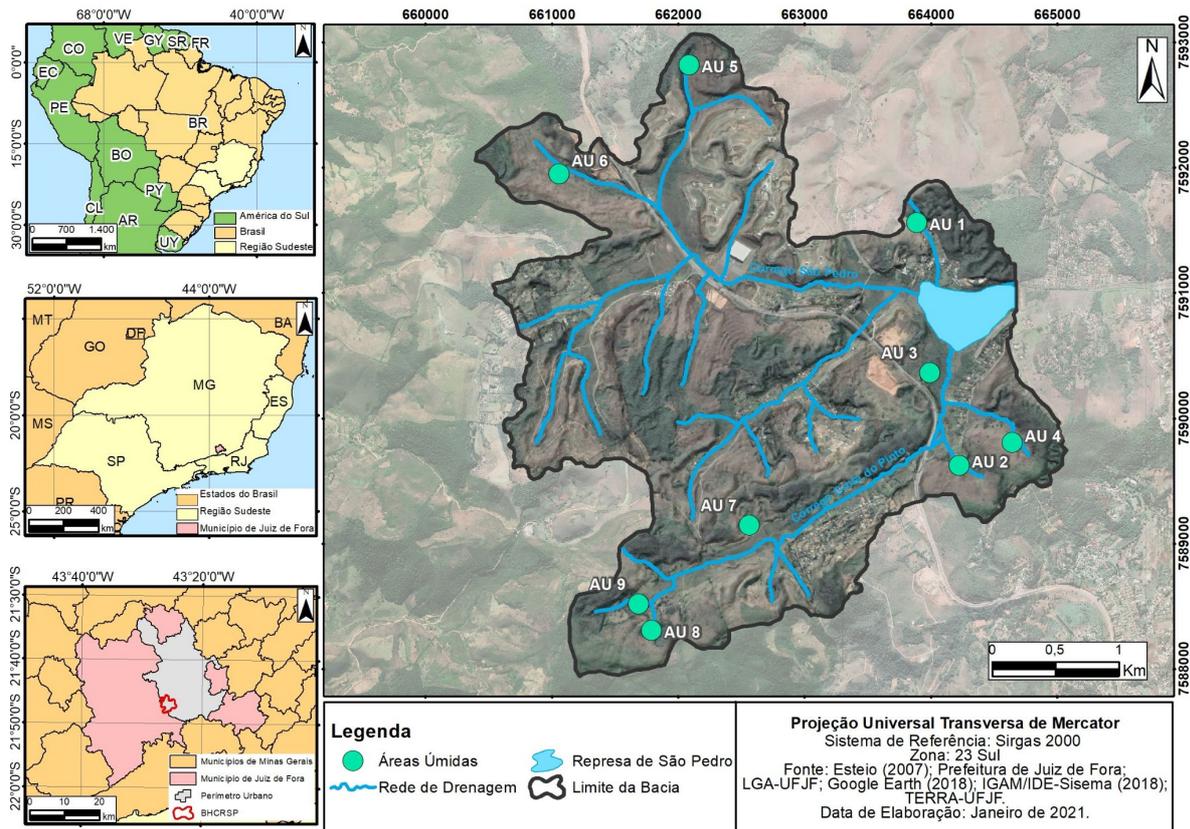


Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica de contribuição da Represa de São Pedro.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Já o córrego São Pedro é um dos principais afluentes da margem direita do rio Paraibuna em território juizforano. Grande parte de seus 15,75 km de extensão são marcados por intensas modificações morfológicas em sua calha, como as associadas à BR-040 (com sua construção concluída em 1980), à canalização para a construção da BR-440 (Via São Pedro) e a construção de barramentos para o represamento da água (TANAGINO; GERALDO, 2010). Além das alterações antropogênicas, seu perfil mostra anomalias naturais, que promovem setores encachoeirados no seu médio curso, com o alto e baixo curso dominados por vales aluviais.

Os córregos São Pedro e Grota do Pinto são os maiores responsáveis pela alimentação da Represa de São Pedro, localizada na transição do alto para o médio curso do canal principal da bacia. Grande parte dos cursos d'água da bacia de contribuição da represa encontra-se canalizada sob vias e estradas, ou drenados para consumo humano, além de serem alvo da descarga de efluentes. A hierarquia fluvial do exutório da represa, de acordo com as classificações de Horton (1945) e Strahler (1957), é de 4ª ordem, dada de maneira que o córrego São Pedro possui magnitude 22 na classificação de Shreve (1967), para a escala cartográfica de 1/5.000. Já o córrego Grota do Pinto é considerado de 3ª ordem e magnitude 7 (escala 1/5.000), tendo a maior parte de seu fluxo endossado por canais de primeira ordem, curtos e dispostos em cabeceiras de drenagem.

O padrão dendrítico da rede de drenagem (CHARLTON, 2007; CHRISTOFOLETTI, 1980) se dá em função da distribuição do fluxo fluvial sobre as formas íngremes e mamelonares locais; a maioria das nascentes situa-se em cabeceiras, que marcam feições côncavas que concentram fluxos pluviais e sedimentos (FELIPPE, 2009). Os cursos de maior hierarquia possuem leito aluvial e conformam planícies, dadas em vales mais abertos (como o do córrego São Pedro) ou mais confinados e retilíneos (como o do córrego Grota do Pinto, condicionado pelas falhas de empurrão dentro da bacia). Tais vales fechados dão (excepcionalmente, em comparação aos demais cursos da bacia) à drenagem do Grota do Pinto uma maior semelhança com o padrão de treliça, típico de áreas com controle estrutural mais obtuso.

A área pode ser caracterizada pelo clima Cwb dentro da classificação de Köppen denota um período chuvoso concentrado no verão, com inverno seco (INÁCIO; MOURA; BARBOSA, 2010), podendo repercutir na redução do volume de água do reservatório e do nível dos canais contribuintes. Em anos hidrológicos com volumes de chuva abaixo do usual, a represa pode apresentar aspecto assoreado, com maior quantidade de sedimentos em suas bordas e área reduzida do espelho d'água (Figura 2).

Juiz de Fora está situada no contexto do domínio dos mares de morros florestados, segundo a classificação de Ab'Saber (1967), caracterizado por elevadas taxas de intemperismo químico e consequente decomposição das rochas, perfazendo mantos de alteração espessos. Há uma extensiva mamelonização da paisagem, promovendo típicas drenagens dendríticas de elevada densidade e planícies de inundação meândricas (AB'SABER, 1967).

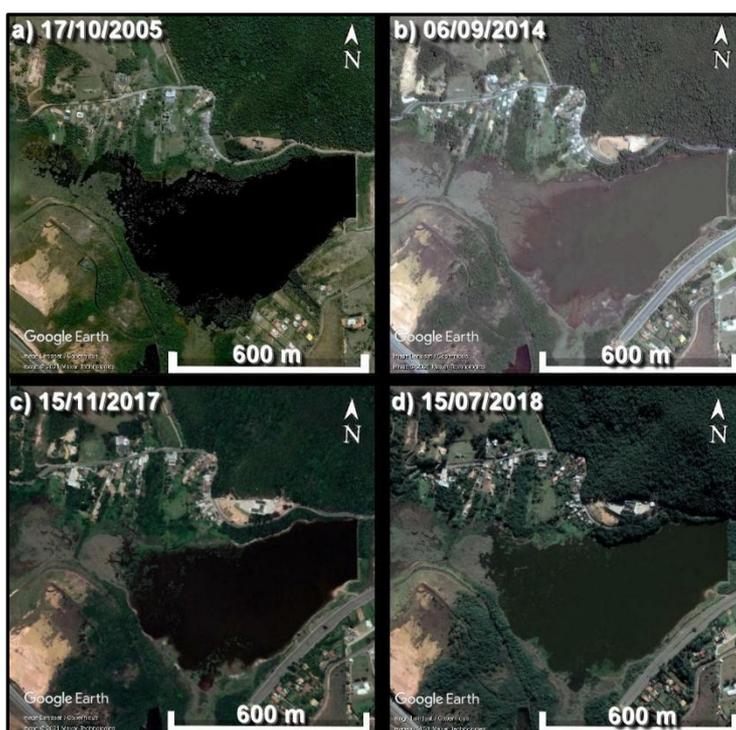


Figura 2 – Imagens orbitais do lago e remanso da Represa de São Pedro em períodos hidrológicos distintos (seco – em 06/09/2014 e 15/07/2018 – e úmido – em 17/10/2005 e 15/11/2017).

Fonte: *Google Earth Pro* (2019).

A área de estudo tem sua paisagem marcada pela irregularidade de seu relevo, relativamente plano nas planícies, porém, majoritariamente acidentado no restante de sua área. Os parâmetros mapeados de declividade da bacia denotam a ocorrência do relevo ondulado (FLORENZANO, 2008), com morros e morrotes, dialogando com o restante da paisagem municipal e regional (Figura 3).

Permeados pelos morros e morrotes, os canais principais da bacia de contribuição da represa de São Pedro têm cerca de 2 a 3 km de comprimento de suas respectivas nascentes até o deságue no lago, com planícies fluviais em suas adjacências.

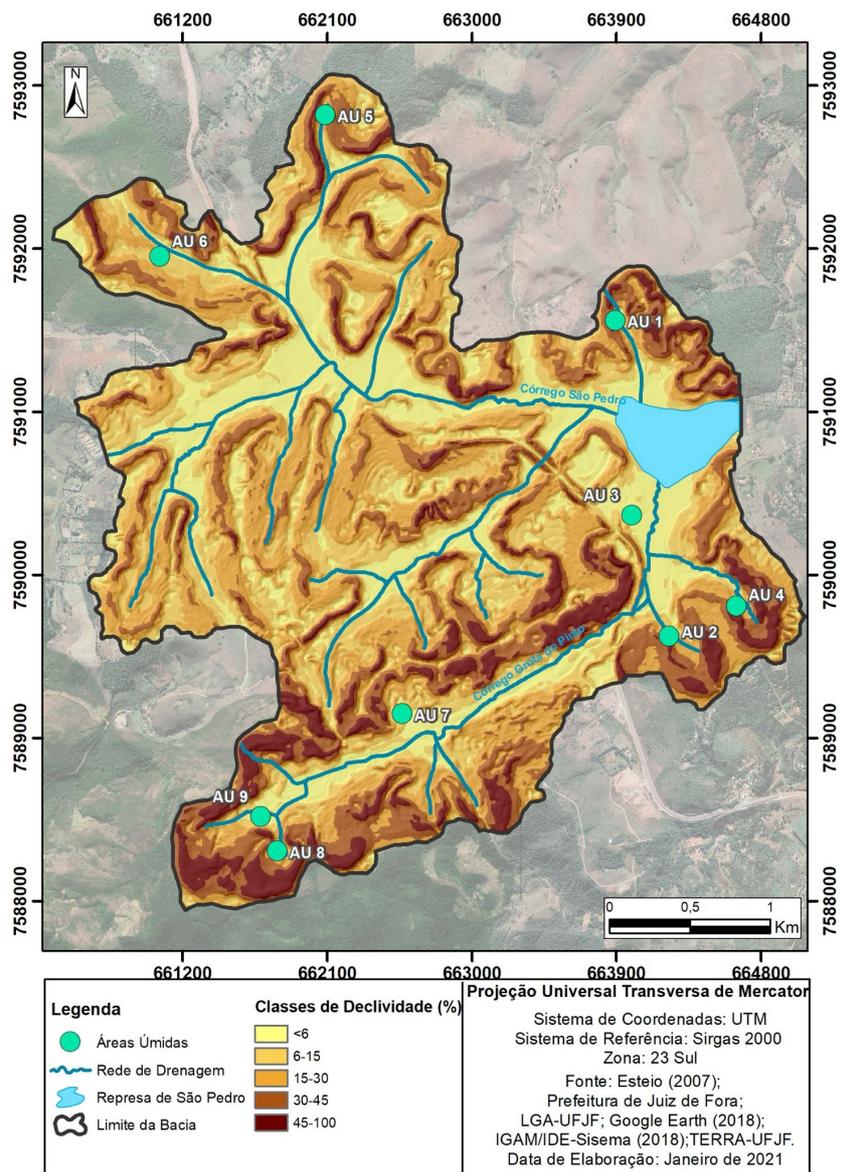


Figura 3 – Declividade da bacia hidrográfica de contribuição da Represa de São Pedro. Fonte: Elaborado pelos autores.

Apresentam-se como principais litotipos predominantes na bacia da Represa de São Pedro (Figura 4) o Ortogranulito enderbítico (Complexo Juiz de Fora – Paleoproterozoico, 1,8-1,6 Ga), Biotita gnaisse bandado, Sillimanita-granada-biotita-gnaisse (ambos na Megassequência Andrelândia, Neoproterozoico, 1,0-0,79 Ga), Granada charnockito e granada leucogranito foliados (Neoproterozoico, 0,58-0,56 Ga), além dos Sedimentos fluviais e coluviais, mapeados em escala 1:100.000 (CODEMIG, 2013). Sillimanita-granada-biotita gnaisse é o litotipo de maior presença na bacia, sotoposto aos sedimentos cenozoicos, com contato lítico inferido com a unidade de Granada charnockito e granada leucogranito foliados, e contato em falhas de empurrão com o Complexo Juiz de Fora, numa atividade mais expressiva no contexto das formas de relevo.

Estruturas de falha de empurrão condicionando a drenagem do córrego Grota do Pinto. O conjunto de morros e morrotes alinhados ao empurrão, com vertentes de declividade acentuada, dá ao vale do Grota do Pinto um caráter mais fechado e quase retilíneo, sendo que o canal segue o mesmo comportamento. No interflúvio da bacia, também ocorre o alinhamento dos morros componentes; ambas as sequências de morros apresentam cabeceiras (em suas faces voltadas para o norte) que são progressivamente rebaixadas por erosão remontante e artificialmente, quando há interceptação por vias, em função da remoção de material para o estabelecimento de terraços. Uma estrutura de empurrão basal (Megassequência Andrelândia), de direção sudeste, ocorre no extremo norte da bacia, conformando cabeceiras estreitas e confinadas no divisor de águas ao norte (CODEMIG, 2013).

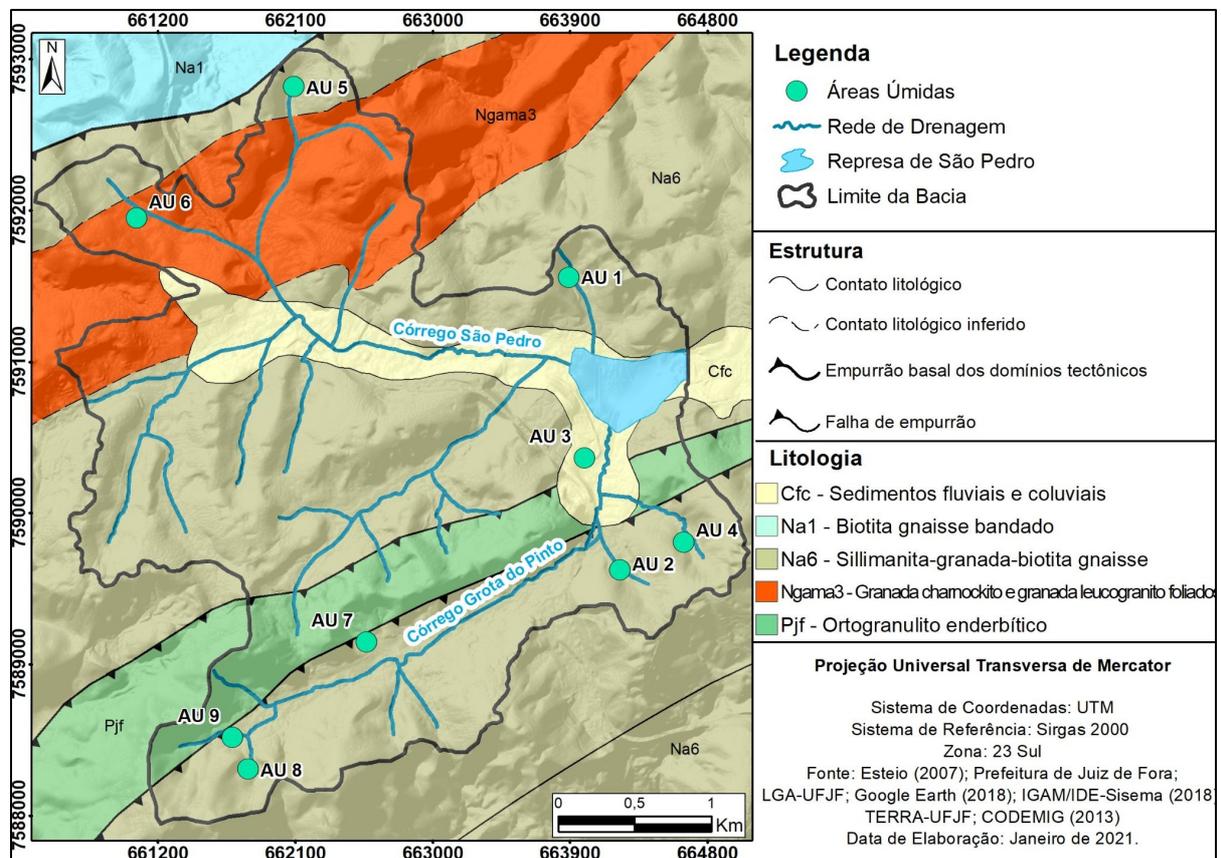


Figura 4 – Geologia da bacia hidrográfica de contribuição da Represa de São Pedro. Fonte: Elaborado pelos autores.

Apesar da predominância de LATOSSOLO AMARELO distrófico (LAd), com horizonte A húmico, textura muito argilosa, típico de um contexto de relevo ondulado e forte ondulado na área de estudo, há ocorrências pontuais de solos distintos. Em campo, é frequente avistar áreas com solos mal drenados, de coloração cinzenta e intensa saturação (hidromorfismo), tendo cupinzeiros acinzentados ou esbranquiçados nas áreas de baixada ou em terços inferiores das cabeceiras, em que se infere a presença de AUs. A morfodinâmica

relativa à configuração das cabeceiras tangencia a processos de acúmulo hídrico e sedimentar, de modo que o material originário dos pontos mais altos dessas feições é liberado por processos de vertente; a água acumulada desencadeia, de longo a médio prazo, o encharcamento duradouro do solo, de forma que o ferro presente no mesmo possa sofrer redução e posteriormente gerar solos hidromórficos (GUIMARÃES; DIAS; FELIPPE, 2018).

#### *Levantamento e interpretação de dados*

Em estudos de AUs de pequena extensão, não é possível realizar a identificação destes sistemas em imagens de baixa a média resolução – como nos estudos realizados por Martini (2006), Sinha, Saxena e Singh (2017) e por Villeneuve (2006), que abordam as de maior porte. A detecção dos sistemas de menor dimensão (que margeiam córregos, pequenos açudes e as de cabeceira de drenagem) exige maior resolução espacial dos sensores. As imagens com 1m a 3m de resolução espacial são mais eficazes na identificação de AUs menores, pois registram maior variabilidade de formas, tonalidades e texturas, como aplicado em Guimarães, Dias e Felipe (2019). Portanto, vê-se a clara necessidade de uma abordagem escalar cautelosa no trato das áreas úmidas via geotecnologias.

Neste trabalho foram utilizadas as curvas de nível geradas via sensor de varredura LiDAR (MDS) com equidistância de 5m no processamento de arquivos matriciais de hipsometria e declividade por meio de interpolação de valores de elevação. Os dados originais, obtidos junto à Prefeitura de Juiz de Fora, geraram curvas de nível de 1m de equidistância no interior do perímetro urbano e 5m nas áreas rurais; no intuito de uniformizar a base altimétrica, optou-se pela filtragem das curvas por equação SQL, mantendo-se um intervalo padrão de 5m. Nos *rasters* gerados a partir de LiDAR, a suavização da declividade em cabeceiras e a detecção de fundos de vale foram parâmetros para a confirmação de ocorrência de AUs e para a posterior investigação de suas características. Como fonte de imagens de alta resolução espacial, um levantamento aerofotogramétrico do ano de 2007 (também solicitado pela Prefeitura de Juiz de Fora) foi utilizado para composição de *basemap* em todos os *layouts* elaborados em ambiente ArcGis 10.3.1 da ESRI; ambos os dados (fotografias e topografia) foram levantados pela empresa Esteio Engenharia e Aerolevantamentos S.A. no ano de 2007, a serviço da Prefeitura de Juiz de Fora.

Contudo, para efeitos de localização e identificação das áreas úmidas selecionadas, foi utilizada imagem datada do dia 15/07/2018 obtida via *Google Earth Pro*, sobre a qual foram marcados pontos de referência sobre as AUs reconhecidas. Fez-se necessário o georreferenciamento da imagem e sua projeção para o sistema de coordenadas UTM SIRGAS

2000, zona 23 Sul. Para a distinção das AUs dos demais elementos, foram assumidas características visuais (PANIZZA; FONSECA, 2011): textura oolítica ou granulosa; densidade homogênea e fina; tonalidade verde-acinzentada a verde-escura (indicando presença de taboas, gramíneas escuras e lírios-do-brejo, além da possível ocorrência de solos acinzentados) e estrutura alveolar. Não há uma forma geométrica específica relacionada com os signos visuais de AUs, sendo estas geralmente amorfas. A densidade de áreas úmidas em relação à área da bacia hidrográfica foi calculada a partir da razão do número total de áreas úmidas sobre a área total da bacia.

Em campo, a validação de dados foi realizada a partir da observação das formas em que as AUs se situam (com a localização feita a partir de GPS), reconhecendo processos morfodinâmicos, a ocorrência pontual de solos ou cupinzeiros acinzentados e/ou saturados (indicativos característicos resultantes de processos de hidromorfismo) e a verificação da presença de espécies vegetais hidrófilas (se estabelecem em locais encharcados) ou hidrófitas (com raízes aquáticas). Para a classificação do tipo de área úmida, foram assimilados dados de campo e geotecnológicos com o intuito de enquadrar as informações obtidas dentro da proposta de Brinson *et al.* (1995).

## **Resultados e discussão**

### *Distribuição espacial de áreas úmidas*

Foram identificadas nove áreas úmidas na bacia hidrográfica da Represa de São Pedro (Quadro II, Figura 5), sendo sete em situação geomorfológica de cabeceiras de drenagem (AUs 1, 2, 4, 5, 6, 8 e 9) e duas em contextos de planícies fluviais (AUs 3 e 7). Todas correspondem à proposta de Gomes (2017), que elenca como as variáveis necessárias consolidação de áreas úmidas:

[...] presença permanente ou temporária de água e [...] morfologia do relevo que permite a sua retenção e permanência por tempo suficiente para promover processos físicos, químicos e biológicos específicos de ambientes saturados e/ou cobertos por águas, que são indicados pelas características do solo (hidromorfismo e aluvial) e/ou da biota (sobretudo da vegetação adaptada ou associada à ambientes úmidos e/ou alagados) (GOMES, 2017, p. 166).

O mapeamento realizado encontrou uma densidade de aproximadamente 0,7 AU/km<sup>2</sup> na área de estudo, com maior concentração espacial no setor sul e norte da bacia, denotando um hiato de ocorrências na porção central da área. Perfazem AUs pequenas, sem forma padrão, muitas das vezes conectadas à drenagem, variando a superfície de charco de 0,01 km<sup>2</sup> a 0,5 km<sup>2</sup>. Mais especificamente, a sub-bacia drenada pelo Grota do Pinto detém 66% das AUs

mapeadas. Como era esperado para ambientes de convergência de fluxos hídricos, as AUs identificadas se localizam em declividades locais baixas a medianas, todas abaixo dos 30%.

AU	Altitude (m)	Declividade (%)	Solos (Unidade de Mapeamento)	Litotipos (Unidade de Mapeamento)	Sistema morfológico	Classe (tipologia)
1	871	27	LAd	Na6	Cabeceira	Depressão/ Encosta
2	868	23	LAd	Na6	Cabeceira	Depressão/ Encosta
3	857	7	LAd	Cfc	Planície	Fluvial/ Lacustre
4	878	28	LAd	Na6	Cabeceira	Depressão/ Encosta
5	875	9	LAd	Na6	Cabeceira	Depressão
6	872	13	LAd	N $\gamma$ 3	Cabeceira	Depressão
7	870	8	LAd	Na6	Planície	Fluvial
8	894	18	LAd	Na6	Cabeceira	Depressão/ Encosta
9	876	8	LAd	Na6	Cabeceira	Depressão

Quadro 2: Características ambientais das Áreas Úmidas da bacia hidrográfica de contribuição da Represa de São Pedro.

Obs.: LAd - LATOSSOLO AMARELO distrófico; Cfc - Sedimentos fluviais e coluviais; Na6 - Sillimanita-granada-biotita-gnaïsse; N $\gamma$ 3 - Granada charnockito e granada leucogranito foliados.

Fonte: Elaborado pelos autores; CODEMIG (2013); UFV - CETEC - UFLA - FEAM (2010).

Com exceção dos Ortogranulitos, todas as demais unidades litológicas abrigam AUs, com destaque para a Sillimanita-granada-biotita gnaïsse que, por embasar a maior porção da bacia, abriga a maior parte das AUs. Porém, há uma coincidência espacial entre as AUs e as zonas de falhas (Figura 4), o que remete a um controle estrutural da distribuição desses sistemas. Esse condicionamento fica nítido na localização das AU7 e AU9, exatamente sobre a estrutura mapeada, mas também é visível no alinhamento de AU8, AU2 e AU4, já na margem direita do vale do Grotto do Pinto. A AU3 também denota a importância estrutural, pois ocorre na zona onde há a inflexão do córrego Grotto do Pinto, que se impõe à falha que marca o contato do Complexo Juiz de Fora com a Megassequência Andrelândia.

O contexto geomorfológico das AUs estudadas resume-se a sistemas de cabeceira e sistemas de planície. Pela ação conjunta do acentuado intemperismo químico sobre as rochas gnáissicas, que promove espessos e friáveis mantos de alteração, da pluviosidade sobre as vertentes de inclinação média a elevada e da gravidade, há uma morfodinâmica pujante,

associada a processo erosivos e de movimentos de massa. O escoamento superficial é favorecido (difuso, em faces convexas de morros, enquanto o concentrado predomina em segmentos côncavos e canais fluviais), promovendo a retirada de sedimentos das encostas em direção aos *hollows* e às planícies. As feições agradacionais concentram não apenas fluxos de água dos canais presentes (e consequentes sedimentos aluviais transportados pelos mesmos), mas também colúvios removidos dos setores íngremes por forças gravitacionais (erosão e movimentos de massa).

A característica convexa das vertentes no relevo mamelonar da área de estudo, faz com que estas sejam sistemas prioritariamente dispersores de água. Dessa forma, cabe à rede de drenagem escavar a superfície, criando condições de convergência de fluxos. Isso ocorre tanto nas morfologias agradacionais associadas às planícies, quanto no interior das cabeceiras de drenagem. Em alguns casos um eventual *continuum* entre esses dois sistemas hidrogemorfológicos é interrompido por rupturas de declive que dão energia ao canal e concentram o fluxo ora disperso, individualizando as AUs (por exemplo, nos pares AU8/AU9 e AU4/AU3).

Dada a variação de altitude em alguns canais de primeira e segunda ordem (vista a partir das nascentes até o deságue nos córregos principais) e a significativa declividade nos interflúvios adjacentes, pode-se supor uma intensa energia dos processos hidrogeomorfológicos, reduzida quando o conjunto de elementos transportados atinge porções ligeiramente suavizadas de cabeceiras – como pequenas “planícies” pontuais e descontínuas – onde os materiais e fluidos que percorrem as linhas de drenagem podem sofrer desaceleração. Posto isso, há a possibilidade de agradação de sedimentos coluviais e saturação de água nestas porções de pouco declive, ainda que no trecho superior da drenagem. Esse conjunto de processos, explica a ocorrência de AUs nesses contextos.



Figura 5 – Áreas úmidas na bacia hidrográfica de contribuição da Represa de São Pedro. Fonte: *Google Earth Pro*, imagens de 15/07/2018.

Fonte: elaborado pelos autores.

*Classificação hidrogeomorfológica*

A classificação proposta por Brinson *et al.* (1995) foi satisfatória para a área de estudo, permitindo a discussão sobre formas, processos e elementos indicativos da estrutura e dinâmica das AUs em diversas escalas. No contexto da bacia hidrográfica da Represa de São Pedro, foram identificadas as classes “áreas úmidas de depressão” (*depressional wetlands*) e “áreas úmidas fluviais” (*riverine wetlands*) correspondentes às áreas de cabeceiras e baixadas, respectivamente.

Considerando que as chaves de classificação não são herméticas e que há idiosincrasias, é importante compreender as características de outras classes de AU que performam influências nos casos estudados. Assim, também foram verificados elementos associados às classes de “áreas úmidas de encosta” (*slope wetlands*) e “áreas úmidas de orla lacustre” (*fringe wetlands/lacustrine*). Considerando os preceitos de Brinson (1993), há uma hierarquização de características que podem coadunar na configuração de uma determinada classe de áreas úmidas. Além disso, sistemas enquadrados em um determinado tipo podem, não raramente, apresentar aspectos que remetem a outros tipos, seja pela sua situação geomorfológica ou dinâmica hidrológica.

As áreas úmidas localizadas em planícies de inundação (AU3 e AU7) possuem forma alongada e se desenvolvem acompanhando o fluxo unidirecional de cursos d’água (BRINSON, 1993). Apresentam maior estabilidade (sobretudo em rios perenes, como no caso), se tornando recorrentes em canais de maior ordem na hierarquia fluvial. São classificadas, por conseguinte, como “áreas úmidas fluviais” (*riverine wetlands*). A agradação de sedimentos é realizada pelo próprio transporte fluvial e, em algum nível, pelo colúvio removido das vertentes (ALEXANDER *et al.*, 2018). O controle hidrológico da saturação do solo possui relação íntima com o regime de inundação. Há umidificação em épocas de cheia, mas há tempo suficiente para o desenvolvimento de habitats e processos de hidromorfismo. Seria plausível inferir que a exfiltração na AU3 (nas proximidades da represa) apresenta algumas características da classe “áreas úmidas de orla lacustre” (*fringe wetlands/lacustrine*), uma vez que está em uma zona de conexão entre processos fluviais e lacustres, com redução drástica da energia dos fluxos superficiais, espriamento de sedimentos e difusão do escoamento.

As AUs situadas no contexto geomorfológico de cabeceiras de drenagem (AU1, AU2, AU4, AU5, AU6, AU8 e AU9) são “áreas úmidas de depressão”, porém, algumas denotam aspectos que remetem às classes de encosta. Todas essas estão localizadas em subsistemas deprimidos associados ao recuo erosivo dos canais fluviais, com exfiltração identificável na porção terminal da zona côncava das cabeceiras. Especificamente, o formato alongado que ocorre na AU1 e AU4 indica maior direcionamento do escoamento superficial, o que é uma

característica típica das “áreas úmidas de encosta”. A AU1, a AU2 e a AU8 possuem rupturas de declive que marcam níveis de base local para os processos hidrogeomorfológicos e definem zonas de exfiltração de água subterrânea. Por esse motivo, também denotam aspectos que remetem à classe das “áreas úmidas de encosta”. Os dados de declividade corroboram essa assertiva, uma vez que a AU1, a AU2, a AU4 e a AU8 são as de maior declividade do rol estudado. Levanta-se o questionamento a respeito das vias subsuperficiais de alimentação de AU2, AU4 e AU8, devido à proximidade de uma falha de empurrão, cujas descontinuidades físicas nas rochas a ela associadas podem alterar a dinâmica do nível freático localmente (o mesmo suposto controle estrutural exercido sobre o fundo de vale em que se situa a AU7).

A dinâmica hidrológica dessas nascentes também é híbrida, ora dominada pela exfiltração, ora pelo escoamento pluvial. Há uma dependência parcial das precipitações para que o acúmulo do fluxo d’água seja realizado, mas também é recorrente a ocorrência de zonas de nascentes, o que já havia sido preconizado por Brinson (1993). Além disso, entende-se que os canais de primeira ordem que drenam o interior das cabeceiras podem alimentar parcialmente as AUs por meio de fluxos laterais e subsuperficiais. Pela troca material com a rede de drenagem próxima ou adjunta, tanto AUs fluviais quanto as de depressão podem cooperar (em certo nível) com a inserção de fluxos de água de boa qualidade nos canais fluviais, dadas as suas propriedades de limpeza da água (EVENSON *et al.*, 2018).

#### *Aspectos hidrogeográficos e tecnogênicos*

Ao compreender a dinâmica da paisagem e o comportamento da rede de drenagem em escala local, deve-se levar em consideração a influência humana na formação das AUs, assim como em possíveis interferências nos seus regimes hidrológicos. As transformações na paisagem (repercussão indissociável da organização do espaço e sua relação com as dinâmicas socioeconômicas) passam pelas mudanças no uso e cobertura da terra, intensificadas na última década em toda a região Oeste de Juiz de Fora (GERHEIM, 2016). Há uma forte tendência de expansão urbana, com surgimento de loteamentos e condomínios (GERHEIM, 2016), que acaba por coadunar na alteração brusca das formas de relevo locais, especialmente em topos de morro e áreas de cabeceira. Dada a beleza cênica da área e a distância das vias arteriais de maior movimento na região (excetuando-se a BR-040), há uma crescente ocupação de classe média a alta, denotada em um padrão construtivo elevado (GERALDO, 2011).

Na área de estudo, são perceptíveis desvios e reajustes da drenagem em situações pontuais, onde as estradas interceptam os canais fluviais. Nos pontos em que há esse tipo de ocorrência, não é raro o acúmulo e estagnação de água e sedimentos nas laterais dos declives

na base da via, podendo promover condições para formação de AUs após um certo período de tempo.

As AUs situadas nas planícies fluviais tendem a possuir origem vinculada ao processo natural de evolução e inundação dos cursos d'água (RICHARDSON e BRINSON, 2001). Todavia, é instigante questionar se a partir da construção da represa em 1963 (SOUZA *et al.*, 2016) as AUs já existentes nas planícies poderiam ter suas dimensões ampliadas pela alteração no nível de base e no nível freático decorrente do barramento. Após esse período, além do transbordamento recorrente dos canais, ocorre a oscilação sazonal da cota do lago. Não se pode negligenciar, ainda, vazamentos em tubulações adjacentes ao reservatório. Todos esses processos interferem nos aquíferos superficiais que perfazem o nível freático aflorante nessas AUs.

Tais possibilidades suscitam o diálogo a respeito do papel de feições tecnogênicas (PELOGGIA, 2018) na formação de áreas úmidas, para além de alterações diretas e visíveis. Haveria interferências em fluxos subsuperficiais de menor vazão? Há aumento na retenção de água e conseqüente maior alimentação dos canais adjacentes? As mesmas hipóteses podem ser válidas também para AUs de cabeceira que tenham algum tipo de represamento em seu *hollow* ou logo abaixo de nascentes contidas na formação côncava, o que é uma via comum de captação de água na zona rural do domínio dos Mares de Morro.

Há também, no contexto estudado, patamares nas cabeceiras de drenagem condicionados por rupturas de declive, que funcionam como uma “descontinuidade de aclave de uma vertente” (FLORENZANO, 2008, p. 16). As áreas úmidas inseridas nestas configurações morfológicas são parcialmente controladas pela declividade e pela agradação de sedimentos coluviais e materiais removidos por erosão (pluvial: laminar ou linear) da porção superior das cabeceiras, favorecendo o hidromorfismo em função da saturação do solo local. Em tais zonas, há a tendência de erosão remontante, contribuindo para o acúmulo sedimentar em partes nas quais o declive é mais suave (*hollows*). Pode-se sugerir a ascensão do fluxo subterrâneo de água no ponto da ruptura do declive, numa intersecção do fluxo com a superfície, podendo haver exfiltrações de maior expressividade, como verificado em campo na AU1 e AU8. Dada a proximidade de propriedades e ocupações aos arredores de ambas as AUs, não se exclui a possibilidade de estas terem origem tecnogênica (questão também evidenciada pela similaridade com lagos artificiais e represamentos) ou estarem sob intervenção humana, em uma captação para a formação de açudes ou lagos artificiais.

## **Considerações Finais**

A hidrogeografia das áreas úmidas carrega em si grande complexidade ao tratar de aspectos do meio físico-natural e sócio-econômico-cultural que engendram esses sistemas. Desvelar as incógnitas advindas dessa problemática demanda, antes de mais nada, um raciocínio interescalar, integrado e que tem na água (e sua manifestação na superfície) seu elemento central. O esforço aqui dedicado entende que a interpretação sistêmica sintetizada na classificação hidrogeomorfológica das AUs é ser um precioso passo metodológico nessa direção.

As áreas úmidas se fazem importantes bases para o estabelecimento de organismos vivos, para a alimentação de sistemas fluviais e para a sociedade. Ainda assim, há uma necessidade alarmante do advento de leis e normas efetivas para a proteção destes sistemas, sobretudo em um país de grande diversidade geoambiental, como o Brasil, onde as AUs se manifestam de distintas formas na paisagem. Ressalta-se que, de acordo com o Novo Código Florestal (BRASIL, 2012), somente se houver declaração de interesse social por parte do Poder Executivo, uma AU será dotada de Área de Preservação Permanente (APP).

As metodologias aqui empregadas para a identificação e classificação das AUs se mostraram eficientes e de simples aplicação. Somadas às atividades de campo, as geotecnologias se firmam como ferramentas de extrema utilidade nesse campo temático. Entretanto, aprimorar técnicas para a detecção automática de AUs, baseando-se em parâmetros de elevação, declividade e acumulação de fluxo, por exemplo, é fundamental para a gestão desses ambientes.

Pode-se inferir que um dos fatores de maior relevância (em uma escala local) para o desenvolvimento das AUs estudadas na bacia hidrográfica da Represa de São Pedro é a declividade. Em uma relação dialógica com o nítido controle estrutural verificado na morfologia da área de estudo, a inclinação das vertentes condiciona o acúmulo de sedimentos e água necessários para o advento destes sistemas. Em uma escala supralocal, o condicionamento estrutural associado à herança de falhas pré-cambrianas da área e à neotectônica regional parece corroborar para a formação das AUs de cabeceira. É necessário também compreender o relevo tectogênico e a influência humana no uso e cobertura da terra na alteração da dinâmica das AUs. No caso estudado, a construção de estradas e loteamentos são vetores de pressão sobre esses sistemas, que vêm sendo barrados, drenados e aterrados.

Por fim, foi possível verificar, no decorrer da construção da pesquisa, a importância das áreas úmidas na paisagem dos Mares de Morro. Apesar de não ser o *locus* primordial de investigação, este domínio abriga um número significativo de AUs, perfazendo uma densidade de 0,7 AU/km<sup>2</sup> no recorte estudado. Tal constatação deve incentivar novas investigações a

respeito da ocorrência de AUs no contexto de domínios morfoesculturais ondulados. Aventa-se, também, a necessidade de esforços para melhor compreensão da gênese, dinâmica, fatores condicionantes e controladores do regime das AUs, além do levantamento das pressões ambientais que interferem na sua integridade ecossistêmica.

### Referências bibliográficas

- AB'SABER, A. N. Domínios morfoclimáticos e províncias fitogeográficas do Brasil. *Orientação*, v. 3, n. 1, 1967.
- AB'SABER, A. N. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. *Geomorfologia*, São Paulo, v. 18, p. 1-23, 1969.
- AB'SABER, A. N. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. Vol. 1. Ateliê Editorial, 2003.
- ALBERT, D. A.; WILCOX, D. A.; INGRAM, J. W.; THOMPSON, T. A. Hydrogeomorphic classification for Great Lakes coastal wetlands. *Journal of Great Lakes Research*, v. 31, p. 129-146, 2005.
- ALEXANDER, L. C.; FRITZ, K. M.; SCHOFIELD, K. A.; AUTREY, B. C.; DEMEESTER, J. E.; GOLDEN, H. E.; GOODRICH, D. C.; KEPNER, W. G.; KIPERWAS, H. R.; LANE, C. R.; LEDUC, S. D.; LEIBOWITZ, S. G.; MCMANUS, M. G.; POLLARD, A. I.; RIDLEY, C. E.; VANDERHOOF, M. K.; WIGINGTON Jr, P. J. Featured collection introduction: connectivity of streams and wetlands to downstream waters. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, v. 54, n. 2, p. 287-297, 2018.
- BRASIL. Lei nº 12651, de 25 de maio de 2012. Brasília, DF, 25 de maio de 2012.
- BRINSON, M. M. (Ed.). *A Hydrogeomorphic Classification for Wetlands*. Washington: U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station, 1993. (Wetlands Research Program Technical Report)
- BRINSON, M. M.; HAUER, F. R.; LEE, L. C.; NUTTER, W. L.; RHEINHARDT, R. D.; SMITH, R. D.; WHIGHAM, D. F. *A guidebook for application of hydrogeomorphic assessments to riverine wetlands*. Washington: U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station, 1995. (Wetlands Research Program Technical Report)
- BRINSON, M. M.; SMITH, R. D.; WHIGHAM, D. F.; LEE, L. C.; RHEINHARDT, R. D.; NUTTER, W. L. Progress in development of the hydrogeomorphic approach for assessing the functioning of wetlands. *Wetlands for the Future*, 1998.
- BROOKS, R. P.; BRINSON, M. M.; HAVENS, K. J.; HERSHNER, C. S.; RHEINHARDT, R. D.; WARDROP, D. H.; WHIGHAM, D. F.; JACOBS, A. D.; & RUBBO, J. M. Proposed hydrogeomorphic classification for wetlands of the Mid-Atlantic region, USA. *Wetlands*, v. 31, n. 2, p. 207-219, 2011
- CHARLTON, R. *Fundamentals of fluvial geomorphology*. Routledge, 2007.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. 2. ed. São Paulo: Blucher, 1980.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Modelagem de sistemas ambientais*. São Paulo: Blucher, 1999.

- CODEMIG (Ed.). Carta Geológica - Juiz de Fora: Folha SF-23-X-D-IV 1:100 000. Minas Gerais: Codemig, 2013. (Projeto Sul de Minas - Etapa I)
- COELHO NETTO, A. L. Evolução de cabeceiras de drenagem no médio Vale do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ): a Formação e o crescimento da Rede de Canais sob Controle Estrutural. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 2, n. 4, p. 69-100, 2003.
- CUNHA, C. N.; PIEDADE, M. T. F.; JUNK, W. J. Classificação e Delineamento das Áreas Úmidas Brasileiras e de seus Macrohabitats. Cuiabá: EdUFMT, 2014.
- DVORETT, D.; BIDWELL, J.; DAVIS, C.; DUBOIS, C. Developing a hydrogeomorphic wetland inventory: reclassifying national wetlands inventory polygons in geographic information systems. *Wetlands*, v. 32, n.1, p. 83-93, 2012.
- EVENSON, G. R.; GOLDEN, H. E.; LANE, C. R.; MCLAUGHLIN, D. L.; D'AMICO, E. Depressional wetlands affect watershed hydrological, biogeochemical, and ecological functions. *Ecological Applications*, v. 28, n. 4, p. 953-966, 2018.
- FELIPPE, M. F. Caracterização e tipologia de nascentes em Unidades de Conservação de Belo Horizonte-MG com base em variáveis geomorfológicas, hidrológicas e ambientais. 2009. 275 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
- FLORENZANO, T. G. Introdução à Geomorfologia. In: FLORENZANO, T. G. (Org.). *Geomorfologia: Conceitos e tecnologias atuais*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. Cap 1, p. 16
- GERALDO, W. M. J. Novas Dinâmicas Socioespaciais na Cidade Alta de Juiz de Fora–MG. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Geografia), Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2011.
- GERHEIM, D. K. M. Alagamentos, Enxurradas. Inundações na Área Urbana de Juiz de Fora: Um Olhar Sobre as Bacias Hidrográficas dos Córregos São Pedro e Ipiranga. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Geografia), Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016.
- GOLDEN, H. E.; RAJIB, A.; LANE, C. R.; CHRISTENSEN, J. R.; WU, Q.; MENGISTU, S. Non-floodplain Wetlands Affect Watershed Nutrient Dynamics: A Critical Review. *Environmental science & technology*, v. 53, n. 13, p. 7203-7214, 2019.
- GOMES, C. S. Bases teórico-conceituais e subsídios para a classificação hidrogeomorfológica das áreas úmidas em Minas Gerais. 2017. 212 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Geografia, IGC, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.
- GOMES, C. S.; MAGALHÃES Jr, A. P. Aparato conceitual sobre áreas úmidas (*wetlands*) no Brasil: Desafios e opiniões de especialistas. *Boletim Goiano de Geografia*, v. 37, n. 3, p. 484-508, 2017.
- GOMES, C. S.; MAGALHÃES Jr., A. P. Classes hidrogeomorfológicas de áreas úmidas em Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 21, n. 2, 2020.
- GUIMARÃES, I. P. M. B.; DIAS, P. H. R.; FELIPPE, M. F. Áreas úmidas de cabeceira de drenagem: estudo panorâmico na bacia hidrográfica de contribuição da Represa de São Pedro, Juiz de Fora-MG. In: VI Seminário PPGE - “Geografia: Espaço-Tempo em movimento”, 2018, Juiz de Fora. Anais do VI Seminário de Pós-graduação em Geografia. Juiz de Fora: UFJF, 2018. p. 251 - 256.
- GUIMARÃES, I. P. M. B.; DIAS, P. H. R.; FELIPPE, M. F. Áreas úmidas de cabeceiras de drenagem: investigações preliminares. In: PINHEIRO, L. S.; GORAYEB, A. (Org.). *Geografia Física e as Mudanças Globais*. 1ed. Fortaleza: UFC, 2019,
- HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological society of America bulletin*, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945.
- INÁCIO, C. S. J.; MOURA, I. H.; BARBOSA, M. D. F. Climatologia. In: MACHADO, P. J. O. (org.). *Diagnóstico físico-ambiental da bacia hidrográfica do Córrego São Pedro: um exercício acadêmico de gestão dos recursos hídricos*. Ubá: Geographica, 2010. p. 38.

JACKSON, C. R.; THOMPSON, J. A.; KOLKA, R. K. Wetland Soils, Hydrology, and Geomorphology. In: BATZER, D. P.; SHARITZ, R. R. (ed.). Ecology of Freshwater and Estuarine Wetlands. Berkeley: University Of California Press, 2014. Cap. 2. p. 23-60.

JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F.; SCHÖNGART, J.; COHN-HAFT, M.; ADENEY, J. M.; WITTMANN, F. A classification of major naturally-occurring Amazonian lowland wetlands. *Wetlands*, v. 31, n. 4, p. 623-640, 2011

LYON, J.G. Wetland landscape characterization: GIS, remote sensing and image analysis. Chelsea: Ann Arbor Press, 2001.

MAHDAVI, S.; SALEHI, B.; GRANGER, J.; AMANI, M.; BRISCO, B.; HUANG, W. Remote sensing for wetland classification: A comprehensive review. *GIScience & Remote Sensing*, v. 55, n. 5, p. 623-658, 2018.

MARTINI, P. R. Áreas úmidas da América do Sul registradas em imagens de satélites. In: I SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 2006, Campo Grande. Anais do 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal. Campo Grande: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2006. p. 876 - 882.

MORIN, E. From the concept of system to the paradigm of complexity. *Journal of social and evolutionary systems*, v. 15, n. 4, p. 371-385, 1992

OLIVEIRA, D.; QUEIROZ NETO, J. P. Evolução do relevo na Serra do Mar no estado de São Paulo a partir de uma captura fluvial. *GEOUSP Espaço e Tempo (Online)*, v. 11, n. 2, p. 73-88, 2007.

PANIZZA, A. C.; FONSECA, F. P. Técnicas de interpretação visual de imagens. *Geosp: Espaço e Tempo*, São Paulo, n. 30, p.30-43, abr. 2011

PELOGGIA, A. U. G. Classificação e mapeamento geológico de terrenos Tecnogênicos (artificiais): uma análise comparativa. *Revista do Instituto Geológico*, v. 39, n. 2, 2018.

PHILLIPS, J. D. Fluvial sediment storage in wetlands. *JAWRA - Journal of the American Water Resources Association*, v. 25, n. 4, p. 867-873, 1989.

PIEPADE, M. T. F.; JUNK, W. J.; SOUSA Jr, P. R.; CUNHA, C. N.; SCHÖNGART, J.; WITTMANN, F.; CANDOTTI, E.; GIRARD, P. As áreas úmidas no âmbito do Código Florestal brasileiro. In: COMITÊ BRASIL EM DEFESA DAS FLORESTAS E DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (org.). Código Florestal e a Ciência: O que nossos legisladores ainda precisam saber. Brasília: CBDFDS, 2012.

RAMSAR CONVENTION. Convention on Wetlands of International Importance especially as Waterfowl Habitat. Ramsar (Iran), 2 February 1971. (UN Treaty Series No. 14583. As amended by the Paris Protocol, 3 December 1982, and Regina Amendments, 28 May 1987.)

REZAEIANZADEH, M.; KALIN, L.; HANTUSH, M. M. An Integrated Approach for Modeling Wetland Water Level: Application to a Headwater Wetland in Coastal Alabama, USA. *Water*, v. 10, n. 7, p. 879, 2018.

RICHARDS, A. Complexity in physical geography. *Geography*, v. 87, n. 2, p. 99-107, 2002.

RICHARDSON, J. L.; BRINSON, M. M. Wetland soils and hydrogeomorphic classification of wetlands. *Wetland Soils: Genesis, Hydrology, Landscapes, and Classification*, p. 209-227, 2001.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. Geoecologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental. Fortaleza: Editora UFC, p. 27-30, 2004.

SCHAFFER, P. W.; KENTULA, M. E.; GWIN, S. E. Characterization of wetland hydrology using hydrogeomorphic classification. *Wetlands*, v. 19, n. 3, p. 490-504, 1999.

SHAW, S. P.; FREDINE, C. G. Wetlands of the United States: their extent and value to waterfowl and other wildlife. United States Department of the Interior, 1956.

SHREVE, R. L. Infinite topologically random channel networks. *The Journal of Geology*, v. 75, n. 2, p. 178-186, 1967.

SINHA, R.; SAXENA, S.; SINGH, M. Protocols for riverine wetland mapping and classification using remote sensing and GIS. *CURRENT SCIENCE*, v. 112, n. 7, p. 1544, 2017.

SOUZA, F. D. F. C. D.; RIBEIRO, C. B. D. M.; FRAGOSO JÚNIOR, C. R.; OTENIO, M. H. Modelagem do regime térmico de um reservatório tropical de abastecimento público, Juiz de Fora, MG, Brasil. *Ambiente e Água, Taubaté*, v. 11, n. 1, p.60-74, mar. 2016. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas (IPABHi).

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, v. 38, n. 6, p. 913-920, 1957.

TANAGINO, K. D.; GERALDO, W. M. J. Hidrografia. In: MACHADO, P. J. O. (org.). *Diagnóstico físico-ambiental da bacia hidrográfica do Córrego São Pedro: um exercício acadêmico de gestão dos recursos hídricos*. Ubá: Geographica, 2010. p. 46.

TUNDISI, J. G. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. *Ciência e Cultura*, v. 55, n. 4, p. 31-33, 2003.

UFV - CETEC - UFLA - FEAM. Mapa de solos do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010. 49p. Disponível em: <<http://www.feam.br/noticias/1/949-mapas-de-solo-do-estado-de-minas-gerais>> Acesso em: 27 de mai. de 2019.

VILLENEUVE, J. Delineating wetlands using geographic information system and remote sensing technologies. 2006. Tese de Doutorado. Texas A&M University.