

EVOLUÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM ÁREA DE ALTA DENSIDADE DE NASCENTES NA BACIA DO RIBEIRÃO ACHADO, SANTANA DO PARAÍSO/MG E INFLUÊNCIA NA CONSERVAÇÃO DOS MANANCIAIS

EVOLUTION OF LAND USE AND OCCUPATION IN AN AREA OF HIGH SPRING DENSITY IN THE RIBEIRÃO ACHADO BASIN, SANTANA DO PARAÍSO/MG, AND ITS INFLUENCE ON THE CONSERVATION OF WATER SOURCES

EVOLUCIÓN DEL USO Y OCUPACIÓN DEL SUELO EN UN ÁREA DE ALTA DENSIDAD DE MANANTIALES EN LA CUENCA DE RIBEIRÃO ACHADO, SANTANA DO PARAÍSO/MG, Y SU INFLUENCIA EN LA CONSERVACIÓN DE FUENTES HÍDRICAS

Karen Esteves Ezezinos¹
Fernanda Maria Belotti²
Gláucio Marcelino Marques³

1

RESUMO: Esse artigo buscou avaliar a evolução do uso e ocupação do solo na microbacia do ribeirão Achado, município de Santana do Paraíso/MG, e sua influência na conservação de nascentes. Para a realização do estudo foram levantadas as nascentes cadastradas na microbacia e elaborados mapas de uso e ocupação do solo para os anos de 2008, 2014 e 2020. Os resultados indicaram que a classe de pastagens e arbustos, predominante na região, variou de 42,65% em 2008 para 37,12% em 2020; a área de vegetação densa variou de 36,22% para 36,06%; enquanto as áreas degradadas aumentaram de 10,61% para 11,95% e a silvicultura de 3,56% para 6,86%, no mesmo período. Dentre as 185 nascentes cadastradas, 96 estavam em vegetação densa em 2008 e 94 em 2020; 76 em pastagem e arbustos em 2008 e 71 em 2020; 11 em áreas degradadas em 2008 e 13 em 2020; e 02 em área de silvicultura em 2008 e 07 em 2020. Os dados indicam, portanto, o avanço das áreas degradadas e da silvicultura em áreas ocupadas por nascentes, evidenciando a necessidade de implementação de ações de conservação e recuperação das áreas de preservação permanente, buscando reduzir os riscos a estes mananciais.

Palavras-chave: Uso e Ocupação do Solo. Mananciais. Conservação de Nascentes.

¹ Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Itajubá, Campus Itabira.

² Docente do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Itajubá, Campus Itabira.

³ Docente do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Itajubá, Campus Itabira.

ABSTRACT: This article sought to evaluate the evolution of land use and occupation in the Achado stream microbasin, municipality of Santana do Paraíso/MG, and its influence on the conservation of springs. For the study, registered springs in the microbasin were identified, and land use and occupation maps were elaborated for the years 2008, 2014, and 2020. The results indicated that the class of pastures and shrubs, predominant in the region, varied from 42.65% in 2008 to 37.12% in 2020; the area of dense vegetation varied from 36.22% to 36.06%; while degraded areas increased from 10.61% to 11.95% and silviculture from 3.56% to 6.86% during the same period. Of the 185 springs registered, 96 were in dense vegetation in 2008 and 94 in 2020; 76 in pasture and shrubs in 2008 and 71 in 2020; 11 in degraded areas in 2008 and 13 in 2020; and 2 in silviculture areas in 2008 and 7 in 2020. The data therefore indicate the expansion of degraded areas and silviculture into areas occupied by springs, highlighting the need to implement conservation and restoration actions in permanent preservation areas, seeking to reduce risks to these water sources.

Keywords: Land Use and Occupation. Water Sources. Conservation of Springs.

RESUMEN: Este artículo tuvo como objetivo evaluar la evolución del uso y la ocupación del suelo en la microcuenca del arroyo Achado, municipio de Santana do Paraíso/MG, y su influencia en la conservación de los manantiales. Para el estudio, se identificaron los manantiales registrados en la microcuenca y se crearon mapas de uso y ocupación del suelo para los años 2008, 2014 y 2020. Los resultados indicaron que la clase de pastos y arbustos, predominante en la región, varió del 42,65% en 2008 al 37,12% en 2020; el área de vegetación densa varió del 36,22% al 36,06%; mientras que las áreas degradadas aumentaron del 10,61% al 11,95% y la silvicultura del 3,56% al 6,86%, en el mismo período. De los 185 manantiales registrados, 96 se encontraban en vegetación densa en 2008 y 94 en 2020; 76 en pastos y arbustos en 2008 y 71 en 2020; 11 en áreas degradadas en 2008 y 13 en 2020; y 2 en silvicultura en 2008 y 7 en 2020. Por lo tanto, los datos indican la expansión de áreas degradadas y silvicultura hacia zonas ocupadas por manantiales, lo que subraya la necesidad de implementar acciones de conservación y restauración en áreas de preservación permanente, con el fin de reducir los riesgos para estas fuentes de agua.

Palabras clave: Uso y Ocupación del Suelo. Fuentes de Agua. Conservación de Manantiales.

INTRODUÇÃO

Alterações ocasionados pelo uso e ocupação inadequados do solo, como a deterioração das áreas de preservação permanente em nascentes e matas ciliares, podem acarretar graves impactos ambientais, reduzindo a sustentabilidade hídrica (MORAIS WA, et al., 2019).

A ausência de medidas de conservação e proteção do solo influencia diretamente no ciclo hidrológico e, conseqüentemente, na quantidade e na qualidade da água disponível (ANACHE JAA, 2017).

Assim, a proteção das nascentes tem por objetivo manter ou melhorar a qualidade da água e conseqüentemente dos cursos d'água, bem como auxiliar na manutenção do fluxo hídrico, principalmente, nos períodos de estiagem.

Nesse sentido, a supressão da cobertura vegetal ocasiona a exposição do solo, tornando-o sujeito à erosividade resultante da precipitação, consequentemente, alterando a rugosidade superficial, a porosidade e a taxa de infiltração de água (ALBUQUERQUE AW, et al., 2002). A redução da infiltração da água no solo aumenta o escoamento superficial direto, prejudicando o processo de recarga do aquífero e, consequentemente, a disponibilidade hídrica (OLIVEIRA AS, et al., 2020).

Por outro lado, a adoção de práticas apropriadas de conservação do solo e da vegetação pode proporcionar a preservação da água, em qualidade e quantidade, com o abastecimento dos aquíferos que dão origem às nascentes.

A ampliação do volume infiltrado no solo e a redução do escoamento superficial são medidas efetivas que auxiliam na recarga dos aquíferos. Estas ações são essenciais para o surgimento e a manutenção das nascentes, bem como para minimizar as áreas degradadas.

A ocupação desordenada de fundos de vales, de Áreas de Preservação Permanente (APP's) e de áreas de cheias regulares dos cursos d'água, tem prejudicado a manutenção sistemática dos recursos hídricos, uma vez que as APP's cobertas por vegetação nativa desenvolvem um papel essencial para a manutenção do equilíbrio do uso do solo. Constantemente, as APP's estão expostas à degradação, devido às pressões antrópicas sobre o ambiente, o que desencadeia um processo de substituição das paisagens naturais por outros usos e ocupações (MOREIRA TR, et. al., 2015).

3

O Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce – PIRH (2010) destaca que a vegetação nativa da bacia foi amplamente alterada pela ocupação humana, principalmente as matas ciliares, restringindo os remanescentes florestais às áreas com o relevo mais inclinado. Aponta ainda para a existência de grandes áreas com pastagens degradadas submetidas ao intenso pisoteio e consequente compactação do solo, suscetíveis à erosão e ao assoreamento dos cursos d'água (ECOPLAN-LUME, 2010).

De acordo com Fernandes GLF (2020), as grandes extensões de pastagens ocasionam diversos níveis de degradação, visto que a atividade está diretamente relacionada ao uso do solo e à utilização dos recursos hídricos da bacia. Segundo o autor, o uso e ocupação do solo de forma expressiva pela pecuária acarreta em territórios antropizados, compactados pelo pisoteio do gado e com impactos negativos, no que tange à disponibilidade hídrica quali-quantitativa.

Assim, o objetivo deste artigo é avaliar as alterações no uso e ocupação do solo no período de 2008 a 2020 em área de alta densidade de nascentes na microbacia do ribeirão Achado e os respectivos impactos na proteção destes mananciais. A microbacia do ribeirão Achado localiza-

se no município de Santana do Paraíso, situado na região leste do estado de Minas Gerais, na região do médio rio Doce (SILVA NETO AT, 2012).

MÉTODOS

Levantamento quantitativo de nascentes existentes na área de estudo

Com o objetivo de identificar e cadastrar as nascentes da microbacia em estudo, foram coletados dados primários no Departamento de Meio Ambiente da Prefeitura de Santana do Paraíso, na Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), na Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER), na Celulose Nipo-Brasileira S/A (CENIBRA), no Sistema Nacional de Cadastro Rural (SICAR) e na Agência Regional Metropolitana do Vale do Aço (ARMVA). A partir de tais fontes, foram identificadas um total de 185 (cento e oitenta e cinco) nascentes na microbacia do Achado.

A partir da identificação de nascentes nas bases acima citadas, os pontos com as coordenadas geográficas no sistema Universal Transversa de Mercator (UTM) foram plotados no “ArcGIS 10.5”, juntamente com *shapefile* da microbacia. Esta atividade teve por objetivo analisar se todas as nascentes identificadas estão efetivamente inseridas nos limites da área de estudo, para posterior elaboração do mapa de cadastramento das nascentes, que representa um
compilado de diversos estudos e projetos executados na área, permitindo a localização das nascentes identificadas na bacia.

4

Elaboração de mapas de uso e ocupação do solo para os anos de 2008, 2014 e 2020

Com a utilização de ferramentas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) por meio do software “ArcGIS 10.5”, foi elaborado o mapa de localização da microbacia e três mapas de uso e ocupação do solo – anos de 2008, 2014 e 2020. Nos referidos mapas, foram plotadas as coordenadas geográficas das nascentes identificadas no levantamento quantitativo de nascentes na área de estudo.

Para a elaboração dos mapas foram utilizadas as bases TOPODATA – MDE (*shapefile*), LANDSAT 5 e 8 (imagens), IGAM (hidrografia) e IBGE (limites municipais). Em 2008, houve a definição de área rural consolidada como a ocupação antrópica preexistente a 22 de julho de 2008, conforme o Código Florestal – Lei Federal nº 12651/2012 (BRASIL, 2012); e devido a isto, optou-se por iniciar a análise no referido ano. Tendo em vista o grande lapso temporal entre os anos de 2008 e 2020, optou-se pela elaboração de um mapa intermediário (2014) a fim de

proporcionar uma análise mais realista das alterações ocorridas na área de estudo. Nos mapas de 2014 e 2020 foram utilizadas imagens mais recentes e com a nitidez necessária para realizar a classificação. O objetivo dos mapas com datas distintas foi possibilitar a análise das alterações do uso e ocupação do solo na microbacia ao longo do tempo, conforme as classes identificadas.

Com o intuito de delimitar a microbacia da área de estudo utilizou-se os modelos digitais de elevação (MDE) obtidos por meio do site do TOPODATA/INPE (2011), que englobam o município de Santana do Paraíso/MG, reprojetada para o Datum oficial SIRGAS 2000, para Universal Transversa de Mercator (UTM), fuso 23 Sul.

Para a obtenção da hidrografia, inicialmente, utilizou-se o comando “Fill” para a correção do MDE, com o preenchimento das depressões espúrias. Tal comando teve por finalidade definir a direção do escoamento dos cursos d’água, indo da célula de maior para a de menor valor de altitude. O modelo obtido foi o digital de elevação hidrologicamente consistente, a partir do qual foi derivado o mapa da microbacia.

Em seguida, foi realizado o fluxo de direção (“flow direction”) para a definição do *grid* de sentido do escoamento de cada célula com base na altitude do mapa. A direção foi determinada considerando que a água pode seguir uma das oito possibilidades dadas pelas células vizinhas, em uma matriz 3x3. Desta forma, o mapa com a direção correta definida assumiu uma das oito direções da matriz.

5

Obteve-se, assim, o mapa de fluxo de escoamento acumulado com a ferramenta “FlowAccumulation” para identificar a rede de drenagem definida pelas células de maior fluxo de água. Posteriormente, delimitou-se a microbacia com a utilização do comando “Watershed”.

Na sequência, realizou-se a regionalização da drenagem e foi possível a delimitação da microbacia de estudo em um *raster*. Isto posto, transformou-se a microbacia do formato *raster* para polígono, com a ferramenta “Raster to Polygon”. E por fim, exportou-se o polígono em formato *shapefile* para ser utilizado na elaboração dos mapas de uso e ocupação do solo.

Para a confecção do mapa de localização da microbacia do ribeirão Achado utilizou-se de bases cartográficas digitais de órgãos oficiais brasileiros como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016), bem como os arquivos de Modelo Digital de Elevação (MDE) fornecidos pelo TOPODATA/INPE (2011) para a delimitação e obtenção do *shapefile* da microbacia, conforme supracitado.

A partir destes dados, elaborou-se o mapa temático. O software possibilitou a manipulação das bases digitais para que fossem dispostas de forma satisfatória no Datum

SIRGAS 2000, na projeção UTM, fuso 23 Sul, onde está situada a microbacia do ribeirão Achado.

As informações de área e de perímetro foram identificadas por meio de processos realizados na calculadora de campo do *software*. Os valores de área foram retornados pelo programa na unidade m², para a conversão em km², dividiu-se o valor por 10⁶. Adotou-se o mesmo procedimento para transformar a unidade do perímetro de m para km, neste caso, dividiu-se o valor encontrado por 10³.

Neste mapa foi inserida a hidrografia da microbacia, disponível na base de dados do IGAM (2010), e foi dado destaque para o curso principal - o ribeirão Achado.

Para a elaboração dos mapas de uso e ocupação do solo foram utilizadas as imagens gratuitas disponibilizadas pelos satélites *LANDSAT 5*, datada de 14/04/2008 e *LANDSAT 8*, com as datas de 08/05/2014 e 02/06/2020. As imagens utilizadas foram obtidas no site do INPE (2008, 2014 e 2020) e possuem resolução espacial de 30 x 30 m.

A seleção das imagens ocorreu por meio da análise visual das melhores cenas que abrangem a área de estudo, de acordo com o período desejado (ano de 2008, 2014 e 2020), sendo pautada na qualidade das cenas, considerando a menor presença de nuvens possível na área de interesse, visto que estas prejudicam a classificação das tipologias de uso e ocupação.

6

As imagens obtidas passaram pelo geoprocessamento que envolveu a composição das bandas espectrais de forma a permitir uma combinação entre elas para a identificação das classes propostas.

Realizou-se a composição e a combinação das bandas RGB (*red, green, blue*) e infravermelho, para possibilitar a coleta de pontos amostrais nas imagens, sendo validados por observação da área no *Google Earth Pro*. A combinação de bandas permitiu verificar uma maior refletância de cada objeto, sendo possível uma melhor visualização.

Visando facilitar o processamento das imagens e reduzir o tamanho do arquivo, estas foram recortadas apenas para a área de interesse, por meio do *shapefile* da microbacia, obtido anteriormente.

Em seguida determinou-se as classes de uso e ocupação do solo da microbacia: Área urbana; Silvicultura; Área degradada; Vegetação densa; Rochas; Pastagem e arbustos.

Após a coleta de trinta pontos amostrais de informações para cada classe, foi criado o arquivo de assinatura, que armazenou os dados obtidos por classe para ser utilizado posteriormente na classificação.

No mapa de 2008 foi necessário criar uma classe extra de uso e ocupação do solo que deriva da ocorrência do recobrimento de parte da imagem pela presença de nuvens, tendo em vista a impossibilidade de obtenção de uma imagem de satélite livre de interferências no período desejado. Entretanto, como esta era a melhor imagem para o período desejado, admitiu-se a sua utilização com a adoção de uma classe extra para que não ocorresse uma classificação errônea destes pixels cobertos pelas nuvens. Este contratempo interferiu na distribuição das áreas e percentuais das classes reais para a região. Desta forma, optou-se por replicar a área registrada como “nuvem” nos mapas de 2014 e 2020, a fim de padronizar a área analisada. Em uma análise visual, comparando os mapas de 2008 e 2020, antes da inclusão desta classificação extra, constatou-se que as nuvens registradas em 2008 abarcam áreas de pastagem e arbustos, rochas, área degradada e vegetação densa.

Adotou-se a metodologia de Classificação por Máxima Verossimilhança (*Maximum Likelihood Classification*), visto que é um método amplamente utilizado na realização da classificação supervisionada, do tipo *pixel-pixel*.

Então houve a demarcação das classes ao longo do mapa, estas foram convertidas para o modo “*polygon*”, para possibilitar a extração das áreas ocupadas por tipologia, utilizando-se os comandos “*raster to polygon*” e “*summary statistics*”.

Por fim, plotou-se pontos com as coordenadas geográficas de todas as nascentes identificadas nas diversas bases de dados pesquisadas.

Análise da evolução do tipo de uso e ocupação do solo e localização de nascentes

A análise da evolução do uso e ocupação do solo na microbacia de estudo foi realizada a partir da comparação entre os mapas de uso e ocupação do solo elaborados e da área em km² e em porcentagem ocupada por cada classe de uso e ocupação nos anos de 2008, 2014 e 2020.

Neste sentido, foi possível quantificar as alterações ao longo do tempo, por tipologia de uso identificado. Complementarmente, houve a análise macro da microbacia com a avaliação da localização das nascentes identificadas em relação às alterações do uso e ocupação do solo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise do mapa de uso e ocupação do solo em 2008 indica que 42,65% da área da microbacia era ocupada por pastagens e arbustos e 36,22% por vegetação densa. As áreas degradadas representavam 10,61%, enquanto a área urbana e a silvicultura correspondiam a 5,11% e 3,56% respectivamente, da área total, conforme Figura 1.

Em 2014, houve uma diminuição na área de pastagens e arbustos para 38,51% e aumento da área de vegetação densa para 38,94%. A classe de áreas degradadas apresentou leve redução, ocupando 10,35% da microbacia; enquanto que a área urbana e a silvicultura corresponderam a 5,91% e 4,80%, nesta ordem, representando aumento em ambas as classes, conforme Figura 2.

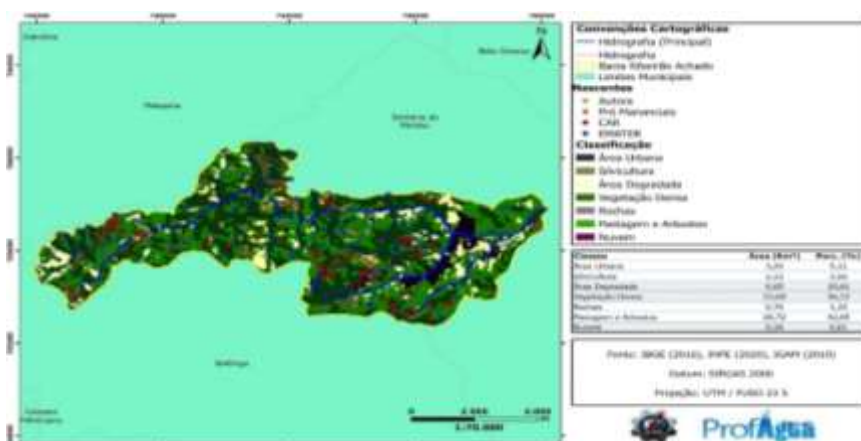
Em 2020, também foi constatada uma diminuição na classe de pastagens para 37,12% e diminuição também na classe de vegetação densa para 36,06%; enquanto as áreas degradadas sofreram leve aumento, com 11,95%, bem como as classes de área urbana e silvicultura, com 6,52 e 6,86%, respectivamente, conforme Figura 3.

Os dados demonstram a predominância da classe de pastagem e arbustos em 2008, 2014 e 2020. Entretanto, este tipo de uso e ocupação decresceu no período analisado com os percentuais variando de 42,65%, 38,51% e 37,12%, respectivamente, sendo a classe mais representativa, com exceção de 2014, ano no qual a área ocupada por pastagem foi superada em 0,43% pela área ocupada por vegetação densa.

Apesar da redução da área de pastagem e arbustos, os percentuais identificados são significativos e destacam a fragilidade ambiental da área, uma vez que áreas de pastagem estão sujeitas a se tornarem áreas degradadas pelo surgimento de processos erosivos originados pelo pisoteio do gado.

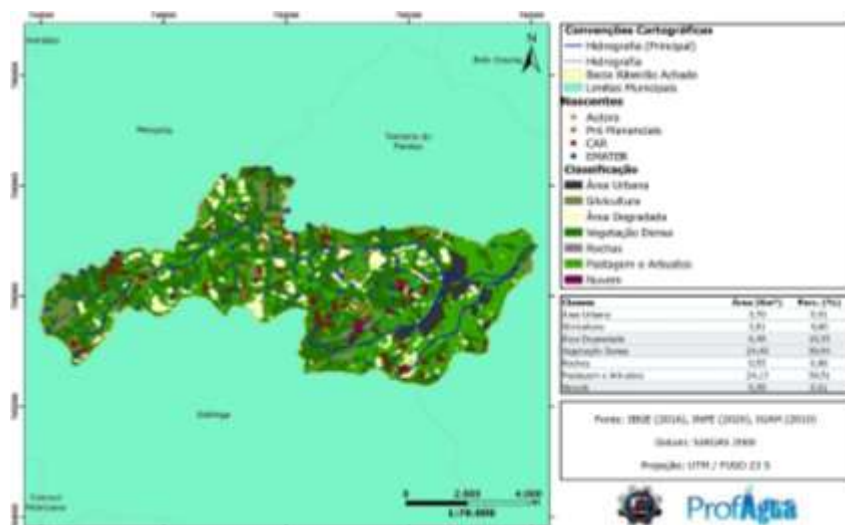
Por outro lado, a classe de vegetação densa apresentou um crescimento entre os anos de 2008 e 2014 subindo de 36,22% para 38,94%. Entretanto, em 2020 a área correspondeu a 36,06%, indicando um decréscimo, aproximando-se do quantitativo existente em 2008. Esta classe é de extrema importância para a manutenção e conservação de áreas de preservação permanente, do solo e da biodiversidade.

Figura 1: Mapa de uso e ocupação do solo da microbacia do ribeirão Achado – abril/2008.



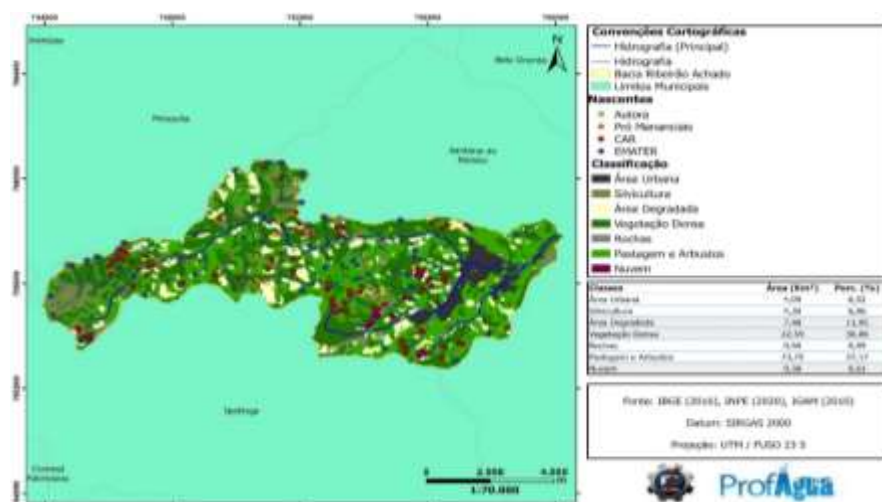
Fonte: EZEZINOS KE, et al., 2026.

Figura 2: Mapa de uso e ocupação do solo da microbacia do ribeirão Achado – maio/2014.



Fonte: EZEZINOS KE, et al., 2026.

Figura 3: Mapa de uso e ocupação do solo na microbacia do ribeirão Achado – junho/2020.



Fonte: EZEZINOS KE, et al., 2026.

Na análise temporal do uso e ocupação do solo detectou-se o incremento das áreas degradadas, com variação de 10,61%, 10,35% e 11,95% para os anos de 2008, 2014 e 2020, respectivamente. Ressalta-se que houve um pequeno decréscimo em 2014 e, posteriormente, esta classificação retomou o crescimento. O aumento desta classe é preocupante, tendo em vista a probabilidade de ocorrência de processos erosivos, com perdas de solo e água e assoreamento dos corpos hídricos nestas áreas.

A área urbana também merece destaque pelo seu crescimento ao longo do tempo, variando de 5,11%, 5,91% e 6,52%, respectivamente. Muitos foram os loteamentos aprovados nos

últimos anos, com o crescimento mais expressivo dos bairros adjacentes à cidade de Ipatinga/Minas Gerais (MG).

A área utilizada pela silvicultura praticamente dobrou de 2008 para 2020, sendo a classe com o crescimento proporcional mais significativo. A área destinada à silvicultura saltou de 3,56% para 4,80% e por fim para 6,86%. Há uma grande tendência de expansão deste tipo de uso e ocupação, visto a proximidade com uma indústria de celulose situada no município de Belo Oriente/MG, que demanda deste insumo para a sua produção.

No período analisado, o número de nascentes localizadas em área de pastagem e arbustos diminuiu de 76 para 71 e em área de vegetação densa diminuiu de 96 para 94; ao passo que o número de nascentes localizadas em áreas degradadas aumentou de 11 para 13 e em área de silvicultura aumentou de 02 para 07, conforme quadro 1. Assim, das nascentes cadastradas, a maioria ainda encontra-se em área de vegetação densa, seguida pela localização em área de pastagem e arbustos (Quadro 1).

Quadro 1. Classes de uso e ocupação do solo x localização de nascentes.

Uso e ocupação do solo	Total de nascentes	
	2008	2020
Pastagem e arbustos	76	71
Vegetação densa	96	94
Áreas degradadas	11	13
Silvicultura	02	07
Todos	185	185

Fonte: EZEZINOS KE, et al., 2026.

O percentual de nascentes localizadas em áreas de pastagem e arbustos variou de 41,08 para 38,38%; em áreas de vegetação densa de 51,89 para 50,81%; em áreas degradadas de 5,95 para 7,03% e em áreas de silvicultura de 1,08 para 3,78%. Os dados indicam uma redução de 2,70% de nascentes localizadas em pastagem e arbustos que, coincidentemente, corresponde ao incremento registrado na silvicultura. Da mesma forma, o decréscimo de 1,08% no quantitativo de nascentes em vegetação densa equipara-se ao acréscimo observado em área degradadas.

Os resultados indicam, portanto, um avanço das áreas de silvicultura e áreas degradadas na microbacia, reforçando a necessidade de implantação de medidas de fiscalização e proteção ambiental das nascentes, buscando assegurar a preservação dos mananciais e a conservação ambiental da área.

CONCLUSÃO

A análise do uso e ocupação do solo e relações com a localização de nascentes na microbacia do ribeirão Achado possibilitou o conhecimento da realidade da área e a identificação de aspectos de vulnerabilidade ambiental dos mananciais.

Nesse contexto, alguns parâmetros merecem especial atenção, como a grande extensão de áreas ocupadas por pastagens, a redução das áreas ocupadas por vegetação densa e o avanço das áreas degradadas e de áreas ocupadas por silvicultura; fatores que podem representar risco para a manutenção das nascentes no longo prazo.

Assim, os dados evidenciam a necessidade de implementação de ações de preservação e revitalização de nascentes, buscado proteger e conservar os mananciais.

Recomenda-se a continuidade do monitoramento da evolução do uso e ocupação do solo na microbacia como subsídio à proposição de ações de revitalização, conservação e recuperação das áreas de preservação permanente degradadas pelo uso e manejo inadequados do solo.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE AW, et al. Manejo da cobertura do solo e de práticas conservacionistas e de práticas conservacionistas nas perdas de solo e água em Sumé, PB. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2002; 6: 136-141.

ANACHE, JAA. Alterações no ciclo hidrológico e na perda de solo devido aos diferentes usos do solo e variações climáticas em área de Cerrado. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 2012.

ECOPLAN-LUME. Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Doce e Planos de Ações para as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos no âmbito da bacia do rio Doce. Belo Horizonte: Consórcio Ecoplan-Lume; 2010; 472 p.

FERNANDES, GLF. Restauração ecológica de zonas de recarga hídrica e de proteção especial por meio de sistemas agroflorestais - SAFs. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – PROFÁGUA) – Instituto de Ciências Puras e Aplicadas. Universidade Federal de Itajubá, Itabira, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Base de dados. Rio de Janeiro: IBGE, 2016.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM). Base hidrográfica. Belo Horizonte: IGAM, 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Catálogo de imagens. Brasília: INPE, 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Catálogo de imagens. Brasília: INPE, 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Catálogo de imagens. Brasília: INPE, 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Modelo Digital de Elevação (MDE). Brasília: INPE, 2011.

MORAIS WA, et al. Educação ambiental por meio de práticas de avaliação da qualidade da água para a conservação dos recursos hídricos. *Global Science and Technology*, 2019; 12: 133-149.

MOREIRA TR, et al. Confronto do Uso e Ocupação da Terra em APPs no Município de Muqui, ES. *Floresta Ambient*, 2015; 22: 1-12.

OLIVEIRA AS, et al. Dinâmica da água em áreas de recarga de nascentes em dois ambientes na Região Alto Rio Grande, Minas Gerais. *Revista Eng Sanit Ambient*, 2020; 25: 59-67.

SILVA NETO, AT. Caracterização geoambiental da área de expansão do município de Santana do Paraíso, Vale do Aço, MG. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Escola de Minas. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2012.