

**MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA DO SOLO DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO JOSÉ PEREIRA NO PERÍODO DE 1985 A 2024**Polyana L. Barbosa<sup>1</sup> (IC), Nívea A. D. Pons (PQ)<sup>1</sup><sup>1</sup>Universidade Federal de Itajubá**Palavras-chave:** Classificação supervisionada. Expansão urbana. Landsat. MAXVER. Sensoriamento remoto.**Introdução**

O município de Itajubá, Minas Gerais, possui um histórico de inundações bruscas desde 1821, um problema associado à ocupação populacional em áreas de risco (BARBOSA *et al.*, 2015) que, segundo Welerson e Silva (2019), é intensificado pela urbanização desordenada. Essa dinâmica foi acelerada por um expressivo crescimento demográfico nas últimas quatro décadas. Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) mostram que a população saltou de 60.593 habitantes em 1980 para 93.073 em 2022, enquanto a densidade demográfica passou de 215,63 para 315,68 hab/km<sup>2</sup>, representando um aumento de 53,6% e 46,4%, respectivamente.

A microbacia do ribeirão José Pereira assume papel estratégico e de grande relevância para Itajubá. Com quase 40 km<sup>2</sup>, a bacia representa cerca de 14% do município e possui características críticas: engloba a Reserva Biológica (REBIO) da Serra dos Toledos, um importante remanescente de Mata Atlântica (FLAUZINO, 2012); é fonte de captação de água para o abastecimento público, com uma vazão de 50 L/s (ARSAE-MG, 2015); e abriga infraestruturas importantes como o campus da UNIFEI e a Prefeitura Municipal. A crescente pressão urbana sobre essa área sensível expõe os desafios da degradação ambiental, como erosão e assoreamento, frequentemente desencadeados pela falta de planejamento urbano (DUPAS *et al.*, 2015).

Considerando este contexto, o objetivo do presente estudo foi analisar a dinâmica multitemporal do uso e ocupação do solo na microbacia entre 1985 e 2024. Para tal, o método utilizado foi a classificação supervisionada de imagens de satélite da série Landsat em um ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG). O intuito principal foi mapear a bacia e apresentar dados quantitativos sobre a evolução da mancha urbana, a fim de fornecer subsídios essenciais para o planejamento territorial e a mitigação de riscos ambientais.

**Metodologia**

As atividades desenvolvidas para realizar a análise da classificação supervisionada das imagens entre os anos de 1985 e 2024 da microbacia foram divididas em quatro etapas:

I) Obtenção e seleção das imagens: Foram utilizadas imagens da série Landsat, obtidas gratuitamente na plataforma EarthExplorer (USGS), sendo selecionadas cenas do sensor TM (Landsat 5) para as datas 22/04/1985, 04/04/1996 e 13/04/2005 (bandas 3, 4 e 5) e do sensor OLI (Landsat 8) para 06/04/2014 e 01/04/2024 (bandas 4, 5 e 6).

II) Pré-processamento das imagens: Realizado no software QGIS (versão 3.28.15), o pré-processamento consistiu em três etapas principais. Primeiramente, as imagens foram reprojetaadas para o sistema de coordenadas SIRGAS 2000 UTM Zona 23S, para padronização cartográfica. Em seguida, as bandas selecionadas foram mescladas para gerar as composições em falsa-cor, essenciais para a fotointerpretação. Por fim, as cenas foram recortadas utilizando o limite da microbacia como máscara, a fim de restringir a análise exclusivamente à área de estudo.

III) Classificação supervisionada e validação: A classificação foi realizada no software QGIS (versão 3.28.15) com o complemento SCP (versão 7.10.11). O processo iniciou-se com o treinamento do classificador, no qual foram coletadas amostras para sete classes de uso do solo. Concluído o treinamento, a classificação foi executada com o algoritmo de Máxima Verossimilhança (MAXVER). O mapa resultante foi então convertido para o formato vetorial para um refinamento manual, corrigindo feições com base na inspeção visual, e reconvertido para o formato raster para a validação final da acurácia, que foi avaliada pelo cálculo do índice Kappa com a ferramenta *r.kappa* do complemento GRASS GIS.

IV) Cálculo das áreas de cada classe: Para a análise quantitativa, os mapas raster finais de cada ano foram primeiramente processados com a ferramenta

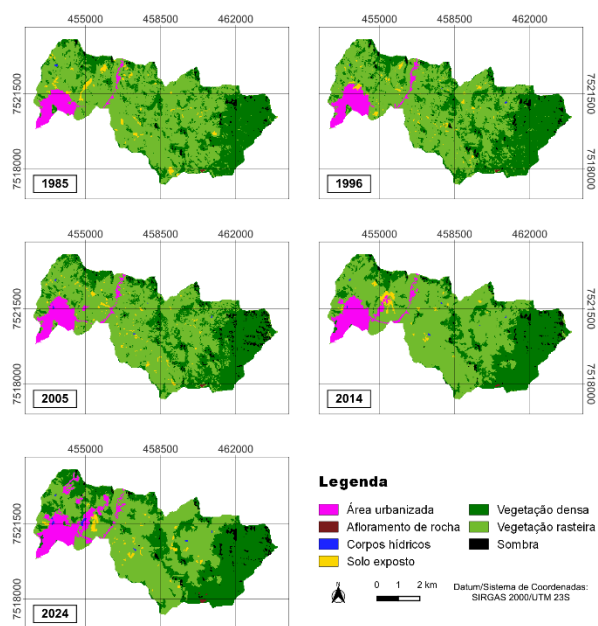
*“Do conhecimento acadêmico à transformação sustentável: inovação com validação científica”*

"Reclassificar por tabela", a fim de garantir que contivessem apenas os valores de 1 a 7, correspondentes às classes definidas. Em seguida, a área em quilômetros quadrados (km<sup>2</sup>) de cada classe foi calculada utilizando a ferramenta "r.report", o que permitiu a análise da evolução do uso e ocupação do solo ao longo do período.

**Resultados e discussão**

A Figura 1 apresenta os mapas temáticos, ilustrando visualmente como a mancha urbana e as demais classes se modificaram no período de 1985 a 2024.

Figura 1 – Mapa do uso e ocupação do solo na microbacia do ribeirão José Pereira entre 1985 e 2024



Considerando a Figura 1, percebe-se que a principal mudança no território da microbacia é a expansão contínua da mancha urbana (em rosa), concentrada na porção oeste da bacia, que avança progressivamente em direção ao centro do território estudado. Essa expansão ocorre, notadamente, sobre áreas de "Vegetação rasteira" (em verde claro) e áreas de "Solo exposto" (em amarelo). As classes "Vegetação densa" (em verde escuro) e "Afloramento de rocha" (em marrom) permanecem relativamente estáveis ao longo do período, localizadas, respectivamente, nas porções leste e em uma área específica a oeste.

A Tabela 1 apresenta o Índice Kappa obtido de cada análise, para validar a classificação do solo realizada.

Tabela 1 – Índice Kappa de cada análise

Ano	Índice Kappa	Índice de exatidão
1985	0,856	91,99%
1996	0,939	96,56%
2005	0,917	95,33%
2014	0,911	95,06%
2024	0,851	90,97%

Os resultados da avaliação da acurácia, apresentados na Tabela 1, confirmam a alta qualidade das classificações realizadas. Todos os anos analisados apresentaram um índice Kappa superior a 0,85, o que indica um nível de concordância "Perfeita ou Quase Perfeita", segundo a escala de Landis e Koch (1977). O ano de 1996 obteve o melhor desempenho (Kappa de 0,939), enquanto 1985 e 2024 registraram os valores mais baixos da série, ainda que excelentes (0,856 e 0,851, respectivamente). De modo geral, os índices de acurácia validam a metodologia e conferem confiabilidade aos mapas utilizados na análise.

Para a análise quantitativa das mudanças na microbacia, foram calculadas as áreas de cada classe. A Tabela 2 detalha esses valores em quilômetros quadrados (km<sup>2</sup>), e a Tabela 3 apresenta a sua respectiva distribuição percentual.

Tabela 2 – Área em km<sup>2</sup> correspondente a cada classe

CLASSE	ÁREA (km <sup>2</sup> )				
	1985	1996	2005	2014	2024
Área urbanizada	1,82	2,12	2,28	2,58	3,23
Afloramento de rocha	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05
Corpos hídricos	0,01	0,01	0,03	0,03	0,10
Solo exposto	0,71	0,51	0,48	0,47	0,51
Vegetação densa	12,41	14,52	13,10	12,64	15,13
Vegetação rasteira	23,76	21,38	22,28	22,73	19,35
Sombra	0,49	0,66	1,03	0,75	0,86

Tabela 3 – Porcentagem correspondente a área em km<sup>2</sup> de cada classe

CLASSE	PORCENTAGEM (%)				
	1985	1996	2005	2014	2024
Área urbanizada	4,64	5,41	5,81	6,58	8,23
Afloramento de rocha	0,05	0,05	0,05	0,05	0,13
Corpos hídricos	0,03	0,03	0,08	0,08	0,26
Solo exposto	1,81	1,30	1,22	1,20	1,30
Vegetação densa	31,64	37,02	33,40	32,23	38,57
Vegetação rasteira	60,58	54,51	56,81	57,95	49,32
Sombra	1,25	1,68	2,63	1,91	2,19

**“Do conhecimento acadêmico à transformação sustentável: inovação com validação científica”**

A análise quantitativa dos dados apresentados revela como principal tendência a expansão contínua e acelerada da mancha urbana ao longo dos 39 anos. A classe "Área urbanizada" cresceu de forma ininterrupta, partindo de 1,82 km<sup>2</sup> (4,64%) em 1985 para 3,23 km<sup>2</sup> (8,23%) em 2024 (Tabelas 2 e 3). Notavelmente, a maior expansão ocorreu no último decênio (2014-2024), período em que a área urbana cresceu quase o mesmo que nos 29 anos anteriores somados. No total, a classe teve um aumento de aproximadamente 78% de sua área original.

Essa expansão urbana ocorreu majoritariamente sobre áreas antes ocupadas por "Vegetação rasteira". Embora permaneça como a classe de maior extensão, sua cobertura sofreu uma redução líquida de 4,41 km<sup>2</sup> no período, caindo de 60,58% da bacia em 1985 para 49,32% em 2024. A dinâmica dessa classe acompanhou inversamente o crescimento urbano, apresentando sua maior retração no último período, com uma perda de 8,63 pontos percentuais entre 2014 e 2024. A classe "Solo exposto", por sua vez, demonstrou uma tendência geral de declínio, passando de 1,81% para 1,30%, mantendo-se em níveis relativamente estáveis após 1996.

Em contraste com a retração da vegetação rasteira, a classe "Vegetação densa" apresentou uma dinâmica mais complexa, que não pode ser explicada apenas pela pressão da expansão urbana. Essa classe registrou um aumento notável em dois momentos, entre 1985 e 1996, e novamente entre 2014 e 2024, terminando o período com sua maior cobertura na série histórica: 15,13 km<sup>2</sup> (38,57%). Tal comportamento pode indicar a recuperação de áreas de maior altitude, distantes da principal frente de expansão urbana.

As classes de menor expressão territorial também apresentaram variações significativas no último decênio. A classe "Corpos hídricos" registrou um crescimento notável, passando de 0,08% em 2014 para 0,26% em 2024. Esse aumento reflete ações antrópicas específicas, como a criação de lagos artificiais no campus da UNIFEI e no Parque Municipal. De forma igualmente notável, a classe "Afloramento de rocha", após se manter estável em 0,05% durante quase toda a série, mais do que dobrou sua área para 0,13% em 2024. Este aumento, embora pequeno em área total, merece atenção, pois a expansão de afloramentos rochosos pode ser um indicativo de processos erosivos severos, com a remoção completa do solo superficial, uma preocupação já destacada para a bacia em estudos como o de Hossu (2023).

**Conclusões**

Os resultados deste estudo revelam mudanças significativas no uso e ocupação do solo da microbacia do ribeirão José Pereira entre 1985 e 2024, impulsionadas principalmente pela expansão urbana. A análise quantitativa demonstrou um crescimento de aproximadamente 78% da mancha urbana que ocorreu majoritariamente sobre áreas de vegetação rasteira, resultando em uma perda líquida de 4,41 km<sup>2</sup> desta classe. Em paralelo, a dinâmica complexa da vegetação densa que atingiu seu pico de cobertura em 2024, e o aumento de afloramentos de rocha no último decênio sugerem que a paisagem também é influenciada por processos de regeneração e por uma possível intensificação de feições erosivas.

A metodologia de classificação supervisionada com imagens da série Landsat demonstrou ser eficaz para o monitoramento de longa duração, com todos os anos analisados alcançando um nível de concordância "Perfeita ou Quase Perfeita" ( $Kappa > 0,85$ ). Reconhece-se, contudo, a resolução espacial de 30 metros como uma limitação que exigiu a generalização de classes como a "Área urbanizada" para garantir a consistência da análise, impedindo uma distinção detalhada de seus componentes internos. Essa limitação evidencia a importância de se complementar estudos de longa duração com dados de maior resolução para análises mais recentes.

Este trabalho fornece uma base de dados quantitativa que valida e detalha a pressão da urbanização sobre uma área estratégica para o município de Itajubá, especialmente após sua designação como Zona de Expansão Urbana pelo Plano Diretor de 2019. Os mapas e dados gerados oferecem subsídios essenciais para o planejamento territorial e a gestão de riscos ambientais. Recomenda-se, portanto, a continuidade deste monitoramento, possivelmente com o uso de imagens de maior resolução espacial, para aprofundar a análise das transformações e subsidiar a elaboração de políticas de conservação e desenvolvimento urbano mais eficazes.

**Agradecimentos**

Agradeço à minha orientadora, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Nívea Adriana Dias Pons, pela fundamental orientação e dedicação, e aos meus amigos e familiares, por todo o apoio e incentivo. Agradeço à Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), pela estrutura oferecida, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de Iniciação Científica que fornecida para a realização desta pesquisa.

**“Do conhecimento acadêmico à transformação sustentável: inovação com validação científica”**

### Referências

AGÊNCIA REGULADORA DE SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (ARSAE-MG). **Relatório de fiscalização**: Sistema de abastecimento de água da sede do município de Itajubá. Itajubá, MG, 2015. Disponível em: [https://www.arsae.mg.gov.br/images/Relatorios/Rf\\_tec\\_op\\_sa\\_a\\_itajuba.pdf](https://www.arsae.mg.gov.br/images/Relatorios/Rf_tec_op_sa_a_itajuba.pdf). Acesso em: 10 ago. 2025.

BARBOSA, A. A.; OLIVEIRA, G. M.; OLIVEIRA, T. J. Histórico de enchentes em Itajubá/MG. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 9, n. 4, p. 125-140, 2015.

DUPAS, R. *et al.* Assessing the impact of agricultural pressures on N and P loads and eutrophication risk. **Ecological Indicators**, v. 48, p. 396-407, 2015.

FLAUZINO, B. **Degradação do solo pela erosão hídrica e capacidade de uso em sub-bacia hidrográfica piloto no Sul de Minas Gerais**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências em Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2012.

HOSSU, A. B. **Inventário de feições erosivas da sub-bacia Ribeirão José Pereira e monitoramento de sua evolução em imagens de satélite SPOT 4 e SPOT 5**. 2023. Relatório Final (Iniciação Científica) - Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades e Estados: Itajubá**. [2024]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/itajuba.html>. Acesso em: 09 set. 2024.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p. 159-174, 1977.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). **EarthExplorer**. [2024]. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 03 set. 2024.

WELERSON, C. C.; SILVA, B. C. Análise do impacto do crescimento urbano em uma microbacia hidrográfica no município de Itajubá/MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 3, p. 1114-1131, 2019.