

**Processo de urbanização e seus efeitos sobre a vazão de pico no córrego
São Pedro – Juiz de Fora/ MG**

*Urbanization process and its effects on the peak flow in the São Pedro stream – Juiz de
Fora/ MG*

*Proceso de urbanización y sus efectos sobre el caudal máximo en el arroyo São Pedro –
Juiz de Fora/ MG*

Priscila Viegas Victor

Engenheira Civil, Mestranda em Ambiente Construído, UFJF, Brasil.

Priscila.victor@estudante.ufjf.br

Jonathas Batista Gonçalves Silva

Professor Doutor, UFJF, Brasil.

jonathas.silva@ufjf.br

RESUMO

A recorrência de eventos extremos na cidade de Juiz de Fora evidenciou a necessidade de um sistema de drenagem eficiente que atenda a demanda atual e diminua a recorrência de inundações. Reconhecendo-se que o processo de urbanização influencia diretamente na diminuição do tempo de concentração e no aumento das vazões de pico o estudo teve como objetivo avaliar a contribuição do aumento de áreas impermeabilizadas na sub-bacia do córrego São Pedro no bairro homônimo em Juiz de Fora, Minas Gerais. Para tanto, foi feita uma análise de Uso e Ocupação do Solo entre os anos de 1985 e 2021 utilizando-se recursos SIG, juntamente com o software ABC6 para avaliar as alterações impostas à sub-bacia decorrentes do processo de expansão do bairro São Pedro. Verificou-se que o tempo de concentração da bacia teve redução de 22% no período de estudo para um aumento na bacia de 13,9% da área impermeabilizada e consequentemente uma diminuição de uma hora no tempo de resposta no exutório, causando assim aumento no volume escoado de 94,33%. Desta forma, o trabalho auxilia na mitigação de alternativas de controle na fonte, uma vez que o acréscimo de áreas urbanas contribui com o aumento na frequência e intensidade de eventos de inundação.

PALAVRAS-CHAVE: Drenagem. Urbanização. Uso do solo.

SUMMARY

The recurrence of extreme events in the city of Juiz de Fora highlighted the need for an efficient drainage system that meets the current demand and reduces the recurrence of floods. Recognizing that the urbanization process directly influences the decrease in concentration time and the increase in peak flows, the study aimed to evaluate the contribution of the increase in impermeable areas in the sub-basin of the São Pedro stream in the homonymous neighborhood in Juiz de Fora, Minas Gerais. Therefore, an analysis of Land Use and Occupation between the years 1985 and 2021 was carried out using GIS resources, together with the ABC6 software to evaluate the changes imposed on the sub-basin resulting from the expansion process of the São Pedro neighborhood. It was verified that the basin concentration time had a reduction of 22% in the study period for an increase in the basin of 13.9% of the impermeable area and consequently a decrease of one hour in the response time in the outlet, thus causing an increase in the drained volume of 94,33%. In this way, the work helps in the mitigation of control alternatives at the source, since the addition of urban areas contributes to the increase in the frequency and intensity of flood events.

KEYWORDS: Drainage. Urbanization. Use of the soil.

RESUMEN

La recurrencia de eventos extremos en la ciudad de Juiz de Fora destacó la necesidad de un sistema de drenaje eficiente que satisfaga la demanda actual y reduzca la recurrencia de inundaciones. Reconociendo que el proceso de urbanización influye directamente en la disminución del tiempo de concentración y el aumento de los caudales máximos, el estudio tuvo como objetivo evaluar la contribución del aumento de las áreas impermeables en la subcuenca del arroyo São Pedro en el barrio homónimo en Juiz de Fora, Minas Gerais. Por lo tanto, se realizó un análisis de Uso y Ocupación del Suelo entre los años 1985 y 2021 utilizando recursos SIG, junto con el software ABC6 para evaluar los cambios impuestos a la subcuenca resultantes del proceso de expansión del barrio São Pedro. Se verificó que el tiempo de concentración de la balsa tuvo una reducción del 22% en el periodo de estudio para un aumento de la balsa del 13,9% del área impermeable y consecuentemente una disminución de una hora en el tiempo de respuesta en la boca, provocando así un aumento en el volumen drenado del 94,33%. De esta forma, la obra ayuda en la mitigación de las alternativas de control en la fuente, ya que la incorporación de áreas urbanas contribuye al aumento de la frecuencia e intensidad de los eventos de inundación.

PALABRAS CLAVE: Drenaje. Urbanización. Uso del suelo.

1 INTRODUÇÃO

Os impactos ambientais gerados pelo crescimento e expansão das cidades são inevitáveis. Segundo o CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres (2023) as inundações representaram 44% do total de desastres (em nível global) entre os anos de 2000 e 2019, afetando o maior número de pessoas do que qualquer outro tipo de desastres recorrentes. Segundo o mesmo órgão, no Brasil 90% dos casos de desastres naturais se concentraram na região Sudeste, isso ocorre devido a densidade populacional da região, ocasionando as maiores taxas de mortalidade devido a desastres.

O processo de urbanização substitui a cobertura natural do solo trazendo consigo regiões impermeabilizadas, com isso há um acréscimo no volume do escoamento superficial e na velocidade de propagação do mesmo, contribuindo com eventos de inundação cada vez mais frequentes e de maior magnitude (TUCCI, 1997). Segundo Fonseca et. al. (2017), a mudança no perfil de Uso e Ocupação do Solo gera “aumento de até sete vezes da vazão de pico e redução de até 40% do tempo de concentração em bacias urbanas, o que contribui para maior frequência e severidade das inundações”.

Diante do exposto, pode-se observar a necessidade de identificar as características e respostas das sub-bacias face ao processo de urbanização intenso a que são expostas, segundo estudo do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) em conjunto com CEMADEN (2018) a cidade de Juiz de Fora se encontra em 9º lugar no ranking de cidades do Brasil e em 3º lugar no estado de Minas Gerais, com maior população exposta ao risco, 25% da população total do município se encontra vulnerável a inundações e deslizamentos de terra. O conhecimento dos efeitos da urbanização nas áreas de maior incidência ao risco contribui com o gerenciamento eficaz dos recursos hídricos, diminuindo a exposição a eventos extremos.

Segundo Tucci (2003, p.45) os eventos de inundações “podem ocorrer devido ao comportamento natural dos rios ou ampliados pelo efeito de alteração produzida pelo homem na urbanização pela impermeabilização das superfícies e a canalização dos rios”. O bairro São Pedro, situado na zona oeste do município de Juiz de Fora passou por um intenso processo de urbanização nos últimos anos, recebeu ainda obras de macrodrenagem que retificaram e revestiram o canal principal, alterando seu fluxo natural e reduzindo seus meandros. Segundo Rocha e Paiva (2010) a seção do canal retificado ficou aquém do necessário para evitar o extravasamento, desta forma a junção entre o aumento das áreas impermeáveis (decorrente da expansão urbana) e a ineficiência do sistema de drenagem implantado no córrego São Pedro contribuíram para a ocorrência cada vez mais frequente e intensa de enchentes e alagamentos.

A situação atual no bairro São Pedro demonstra a necessidade de gestão do uso e ocupação controlados uma vez que o aumento das áreas urbanizadas do mesmo tem gerado várias complicações não só a população local, mas também aos moradores de bairros vizinhos. Desta forma, a pesquisa contribui com a mitigação ao crescimento urbano monitorado estando a mesma em consonância à ODS 11 que prevê a adequação das cidades e comunidades em ambientes sustentáveis.

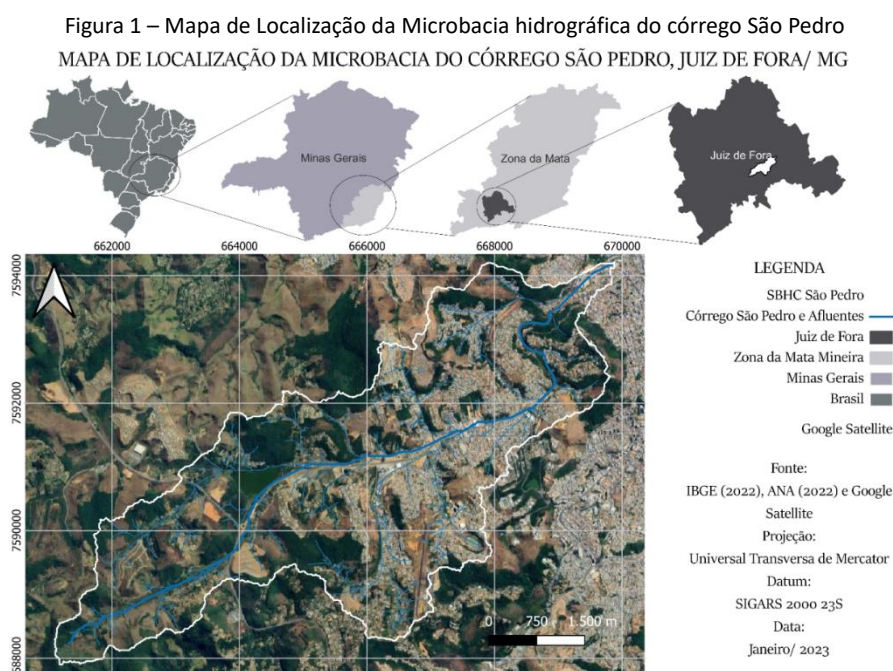
2 OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho é analisar como as mudanças no uso do solo alteraram a dinâmica do escoamento superficial em uma microbacia urbana no município de Juiz de Fora, além disto a pesquisa também se propôs a identificar o percentual de acréscimo de áreas urbanas entre os anos de 1985 e 2021, a alteração do tempo de concentração na microbacia no mesmo período e a contribuição de deflúvio da microbacia do córrego São Pedro para a sub-bacia do rio Paraibuna.

3 METODOLOGIA

A Microbacia hidrográfica do córrego São Pedro (MBHCSP) está localizada na cidade de Juiz de Fora na Zona da Mata em Minas Gerais, o bairro São Pedro se encontra na região oeste e possui relevo acentuado com amplitude topográfica elevada em relação aos demais bairros, o córrego objeto de estudo deságua no rio Paraibuna pertencente à parte média da sub-bacia do rio Paraíba do Sul. A microbacia possui importância por conter um dos principais mananciais de abastecimento do município a Represa do São Pedro, a mesma contribui com 8% do abastecimento urbano, os principais afluentes da microbacia são os Córregos São Pedro e o Grota do Pinto (ROCHA et al., 2018).

Segundo o IBGE (2010), a população do bairro São Pedro é de aproximadamente 14.640 habitantes no ano em que foi realizado o censo, em 1996 a população de toda a região Oeste girava em torno de 21.175 habitantes, entre os anos de 1996 e 2000 o crescimento já alcançava a marca de 14,9% para o bairro, a região teve um crescimento significativo na década de 60 com a implantação da Universidade Federal de Juiz de Fora (ALBERTONI, 2014). A Figura 1 demonstra os limites da microbacia do córrego São Pedro e sua localização geográfica em relação ao município, a mesma indica o córrego São Pedro, seus afluentes e o ponto de exultório no Rio Paraibuna.

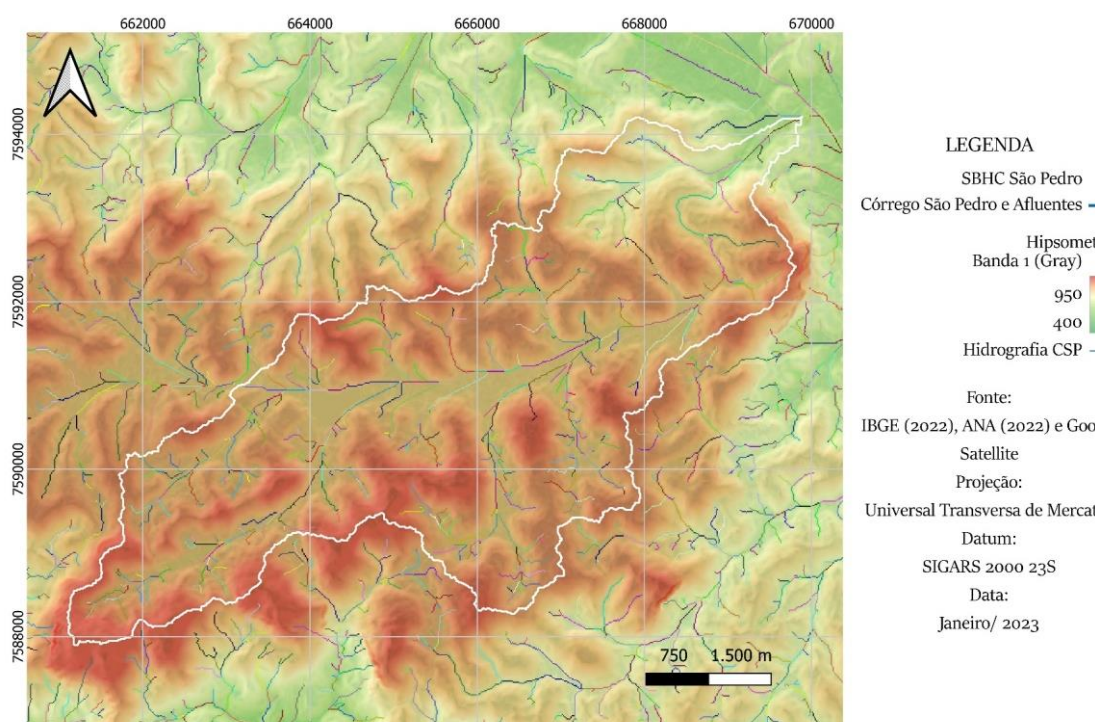


Fonte: Os Autores.

Nesta pesquisa, foram utilizadas informações espaciais disponibilizadas nos sites do TOPODATA e no catálogo de imagens DGI (Divisão de Geração de Imagens) com imagens do satélite CYBERS 4A do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), rasters de Uso e Ocupação do Solo produtos do MapBiomas – coleção 7 e imagens de satélite do Google Satellite. Primeiramente foi necessário a identificação dos limites da microbacia, sua área, ponto de exultório, comprimento do afluente principal e o desnível total da região bem como o desnível do córrego estudado. A análise foi possível com o *software* Quantum GIS versão 3.22.14 (tecnologia de Sistemas de Informação Geográficas) utilizando-se do MDE disponibilizado pelo TOPODATA e pela ferramenta GRASS, na Figura 2 tem-se a primeira etapa de reconhecimento dos dados necessários.

Figura 2 – Altimetria e Delimitação da Bacia de Estudo

Mapa Hipsométrico e Indicação do Fluxo na MBHCSP pelo GRASS



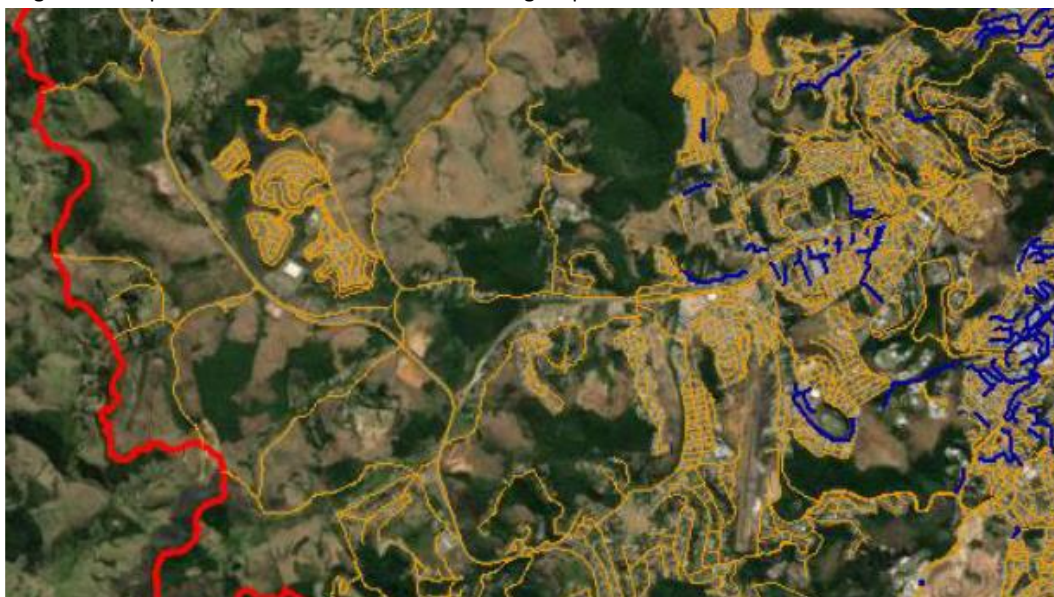
Fonte: Os Autores.

Para avaliar a evolução no Uso e Ocupação da região de estudo a pesquisa considerou dois cenários urbanísticos, o primeiro C1 decorreu no ano de 1985 (ano de início das avaliações do instituto MapBiomas em relação ao estudo de Uso e Ocupação do território nacional) e o segundo C2 ano de 2021 (ano em que se encontrou a imagem mais nítida, com maior precisão e sem incidência de nuvens do satélite CYBERS 4ª onde a precisão é de 2m). Assim, com tratamento e utilização de plugins, tais como o MapBiomas, SCP (*Semi-Automatic Classification*) e *Profile Tool*, foi possível determinar a área impermeável do cenário C1 (MapBiomas) e do cenário C2 (SCP), definir o Uso e Ocupação da sub-bacia com as áreas específicas de cada classe estudada (Área Urbana, Vegetação, Solo Exposto e Curso d'água), o desnível da mesma e do córrego São Pedro (*Profile Tool*).

Para o cálculo de área diretamente conectada ao sistema de drenagem, o estudo considerou toda a área impermeabilizada, uma vez que o bairro não possui uma rede de

drenagem consolidada, a maior parte do volume precipitado nessas regiões segue para o sistema de macrodrenagem via escoamento superficial. Neste caso o programa ABC6 considera as áreas permeáveis com uma porcentagem de contribuição inferior às áreas impermeáveis, pois as parcelas de evapotranspiração, percolação e interceptação da vegetação são consideradas, assim é necessário entrar com as áreas de forma separada para o cálculo do hidrograma. A Figura 3 foi retirada do Plano de Saneamento Básico de Juiz de Fora que foi revisado em 2022, a imagem tem foco no bairro São Pedro, as linhas em azul identificam as canalizações pertencentes ao sistema municipal de drenagem urbano que foram cadastrados até o momento, as linhas em laranja são os arruamentos e a linha em vermelho determina os limites da área urbana de Juiz de Fora.

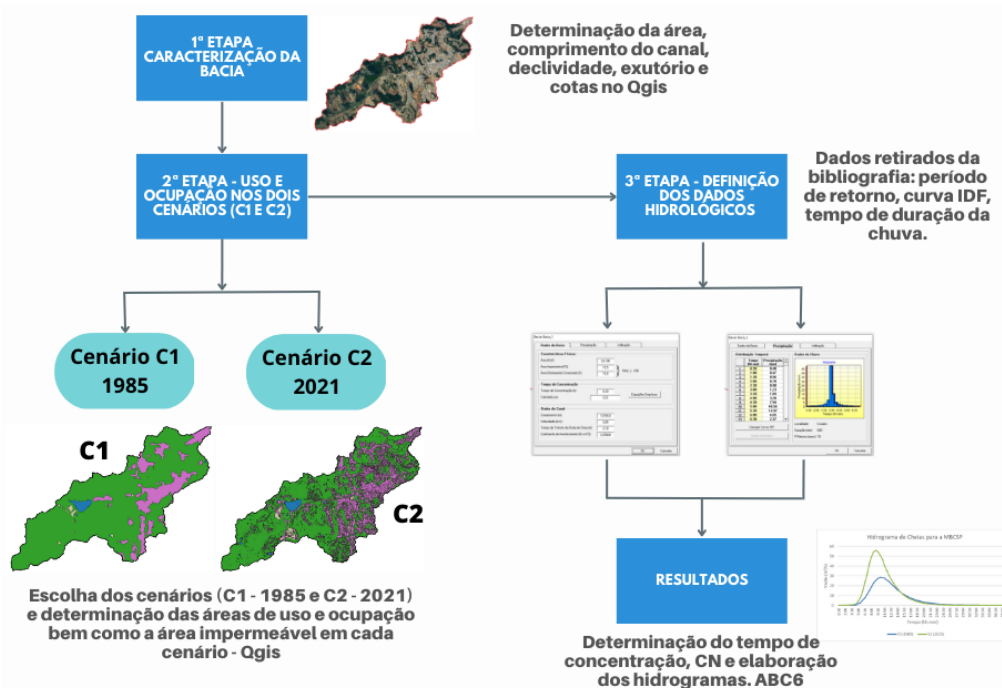
Figura 3 – Mapeamento das redes e canais de drenagem pluvial subterrâneos cadastrados até o momento.



Fonte: Adaptado de SEPUR (2022)

A etapa final do estudo configura a simulação hidrológica para a sub-bacia, para tanto foi utilizado o *software* ABC 6 (desenvolvido pelo departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo) que permite elaborar os hidrogramas de cheia da região. Entre os parâmetros determinados, usou-se o Método *Soil Conservation Service* – SCS para o cálculo do tempo de concentração na bacia (t_c) pois há heterogeneidade no escoamento urbano (TUCCI, 2005); a curva IDF (equação que relaciona Intensidade, Duração e Frequência) utilizada foi a do município de Juiz de Fora, proposta por Freitas et al. (2001); conforme Tucci (2005) o período de retorno a ser considerado para obras de microdrenagem é de 10 anos com tempo de duração de chuva de 6 horas, ambos adotados nos cálculos. Foi utilizado o método SCS para a elaboração dos hietogramas de chuva efetiva para cada cenário estudado, os mesmos foram utilizados na determinação dos hidrogramas de cheia pelo método triangular do SCS, todos disponíveis no ABC6, a discretização utilizada foi de 10 minutos. A Figura 4 demonstra o passo a passo da pesquisa através do fluxograma de ações discretizando os dados necessários para o estudo e os recursos (softwares) aplicados nas 3 etapas.

Figura 4 – Fluxograma de Ações da Pesquisa



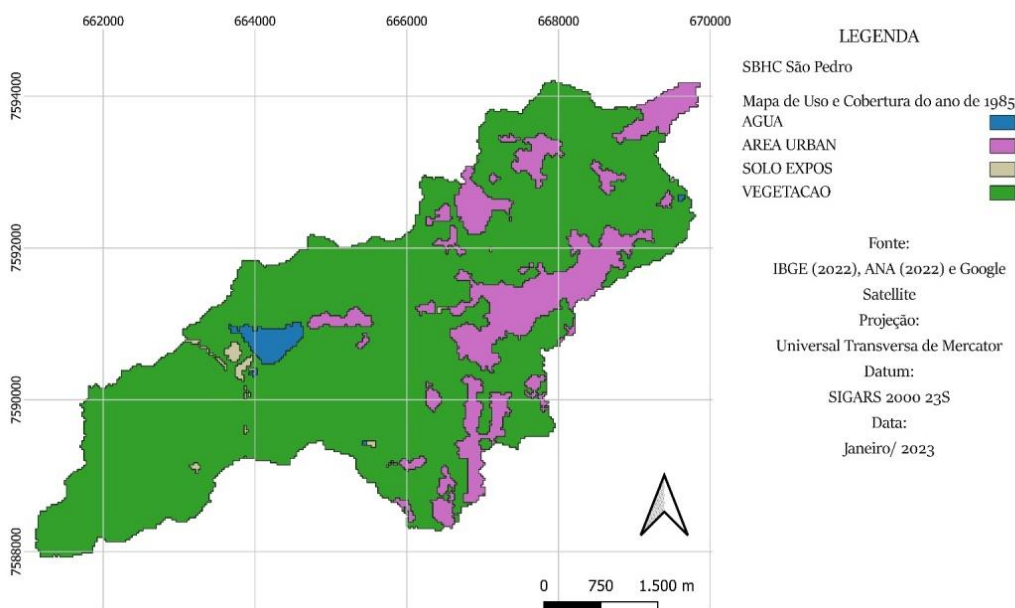
Fonte: Os Autores.

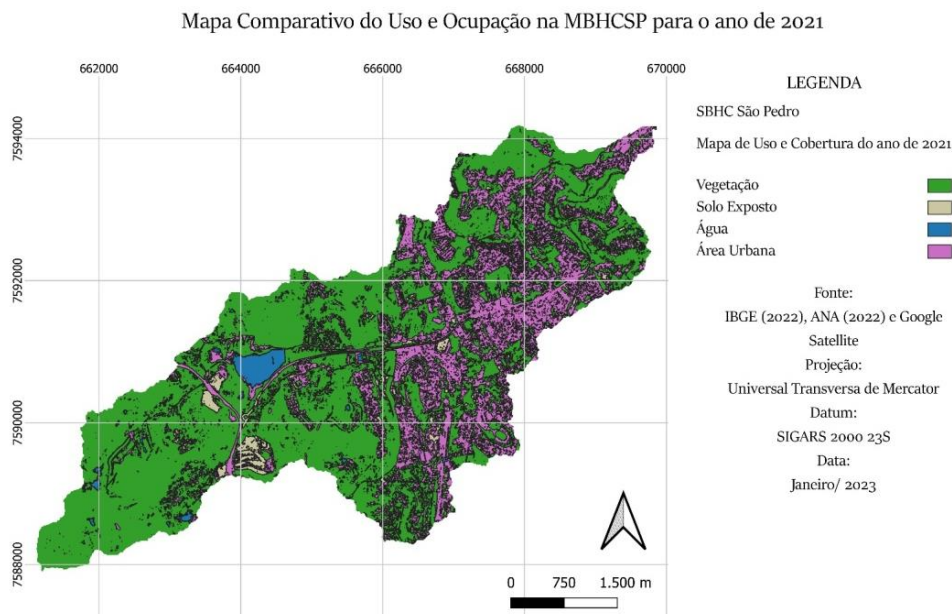
4 RESULTADOS

Após a caracterização, delimitação e determinação dos dados necessários para a elaboração do hidrograma foi realizado um estudo com o raster do projeto MapBiomas e imagens do satélite CYBERS 4A, para analisar as áreas de cada classe de uso e ocupação nos anos de 1985 e 2021 respectivamente. A Figura 5 é o produto das análises e permite um comparativo do Uso e Ocupação da MBHCSP.

Figura 5 – Uso e Ocupação da Microbacia hidrográfica do córrego São Pedro entre os anos de 1985 e 2021

Mapa Comparativo do Uso e Ocupação na MBHCSP para o ano de 1985



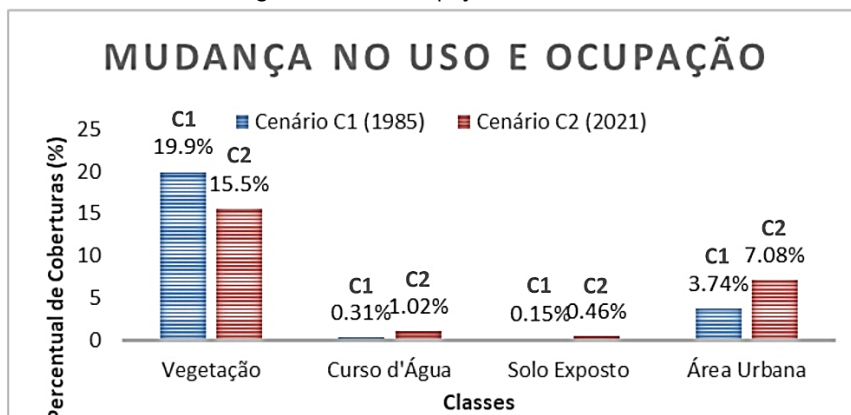


Fonte: Os Autores.

O estudo apresentou uma alteração significativa no uso e ocupação do solo entre os anos de 1985 e 2021, na primeira situação denominada C1 a área impermeabilizada era de aproximadamente 3,74 Km², cerca de 15,5% da área total da bacia, já a segunda situação C2 apresentou cerca de 7,10 Km² o que representa 29,4% de área impermeabilizada um aumento de 89,84% em 36 anos. Desta forma houve alteração no parâmetro CN (*Curve Number*) utilizado na análise dos hidrogramas, que seria o número de curva de infiltração do método SCS, este valor depende diretamente do tipo hidrológico do solo, do uso e ocupação do mesmo e do grau de saturação do solo considerado na análise. Considerando o solo do tipo C, pouco permeável e argiloso, temos o CN para C1 (1985) de 61 e para C2 (2021) de 76, este fator foi alterado somente por conta da porcentagem de área impermeabilizada.

A Figura 6 demonstra por meio de gráfico comparativo as alterações no espaço de tempo estudado, com ela pode-se perceber a substituição de áreas vegetadas por áreas urbanizadas, bem como um aumento pequeno nas áreas de curso d'água que tem relação com a represa de São Pedro e de solo exposto que seriam novos condomínios e lotes a serem construídos.

Figura 6 – Gráfico de Porcentagens do Uso e Ocupação da MBHCSP entre os anos de 1985 e 2021



Fonte: Os Autores.

Esta conversão entre áreas acarretou na redução do tempo de concentração que variou de 8,30 horas em C1 para 6,47 horas em C2, uma diminuição de 22%, essa variação se encontra dentro do percentual máximo recomendado por Tucci e Genz (1995) que seria de 40%. Na Tabela 1 apresenta-se os dados da área da bacia, área impermeabilizada, CN médio e tempo de concentração (tc).

Tabela 1 – Parâmetros da MBHCSP para os cenários C1 e C2

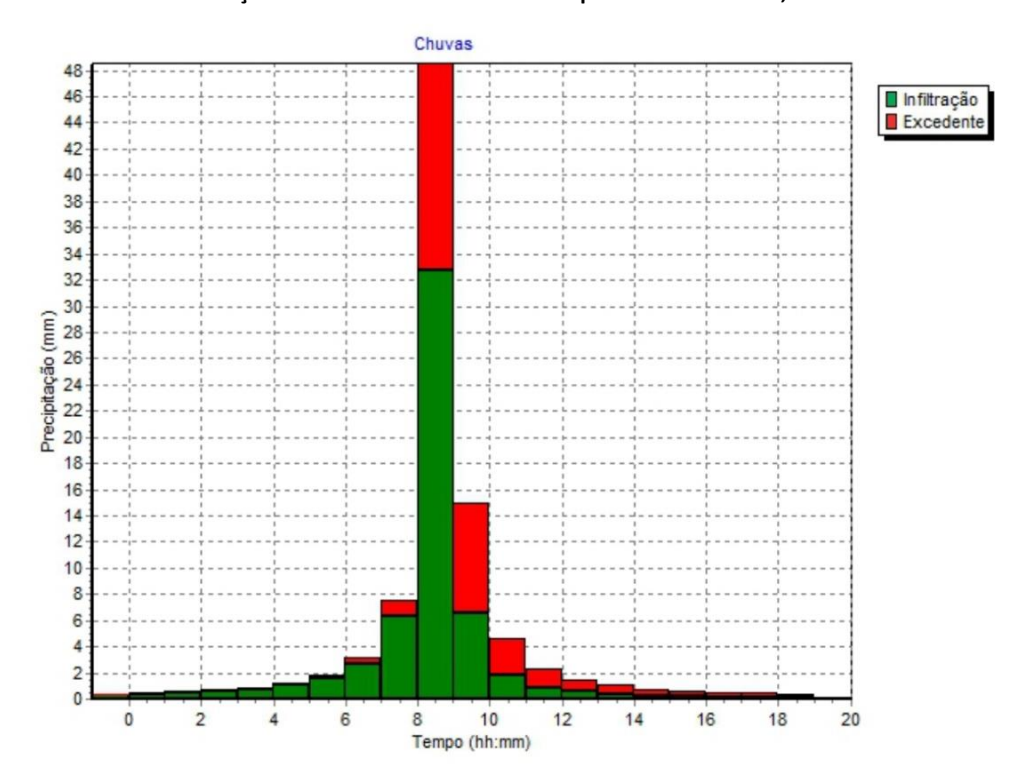
	C1	C2
Área Total da Bacia (Km²)	24,06	24,06
Área Impermeabilizada (km²)	3,74	7,08
CNmédio	61	76
tc (h)	8,30	6,47

Fonte: Os Autores.

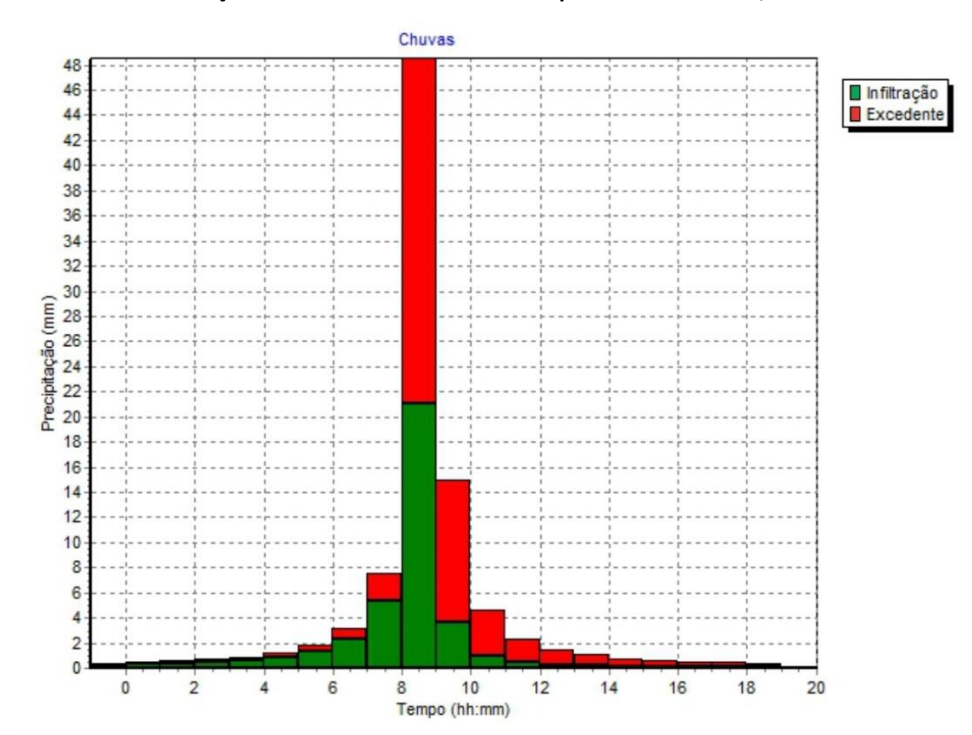
O aumento da impermeabilização do solo altera a capacidade de infiltração do terreno e a vazão máxima de escoamento superficial efetivo, no caso estudado a capacidade de infiltração do solo teve uma redução de 35,77%, na situação C1 o valor da taxa de infiltração foi de 32,71mm/h enquanto para C2 foi de 21,01mm/h. Na Figura 7 apresenta-se a capacidade de infiltração dos dois cenários em relação a uma chuva de projeto com Tempo de Retorno de 10 anos, pode-se perceber que com o aumento aproximado de 13,9% da área impermeabilizada a capacidade de infiltração reduziu consideravelmente, tal fator contribui com o aumento na recorrência de eventos como inundações e alagamentos uma vez que o sistema de drenagem existente não possui capacidade para receber o volume escoado.

Figura 7 – Gráfico de Precipitação e Capacidade de Infiltração do Solo para os anos de 1985 e 2021 respectivamente

Situação C1 – Ano de 1985 com área impermeabilizada de 3,74 m²



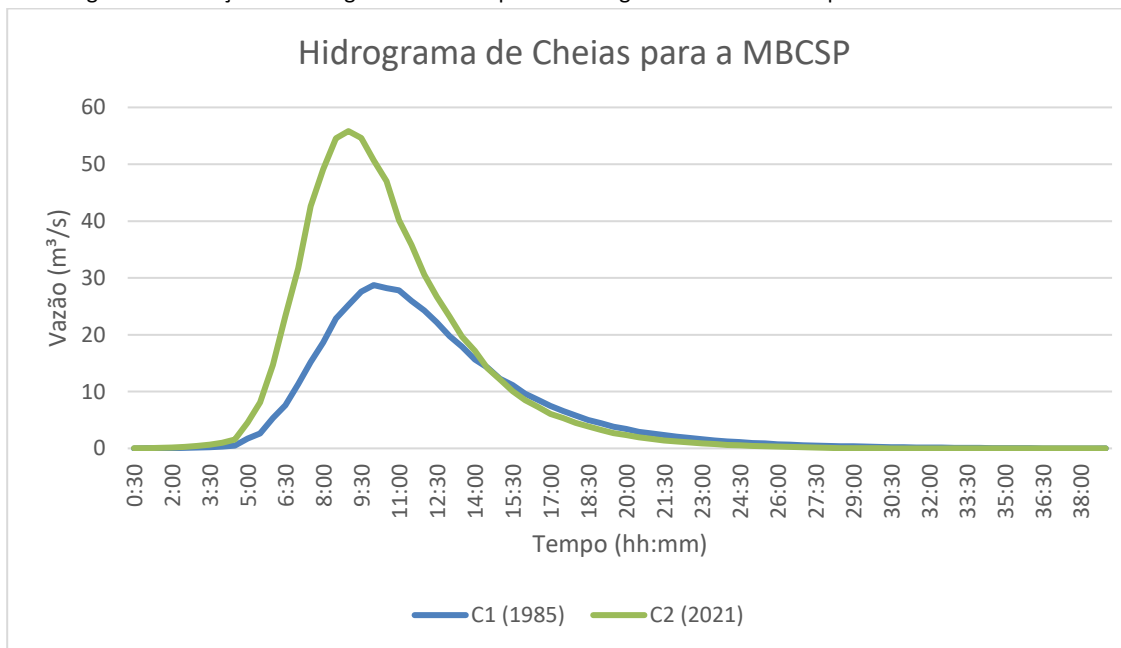
Situação C2 – Ano de 2021 com área impermeabilizada de 7,08 m²



Fonte: Os Autores.

O hidrograma de cheia para os anos de 1985 e 2021 está representado na Figura 8, nele pode-se identificar o aumento na inflexão da vazão máxima e a diminuição do período de cheia, que indica o aumento no volume escoado superficialmente, na situação C1 a vazão máxima foi de aproximadamente 28,73m³/s ao passo que na C2 a vazão máxima chegou a 55,83m³/s um acréscimo de 94,33%, o tempo da vazão de pico que antes era de 10h passou a ser de 9h.

Figura 8 – Evolução do hidrograma de cheia para o Córrego São Pedro entre o período de 1985 e 2021



Fonte: Os Autores.

Na Tabela 2 faz-se um compilado dos dados encontrados no estudo e permite uma comparação entre as duas situações, nela é possível identificar que o momento em que a vazão do córrego São Pedro atinge seu valor máximo também se altera no espaço de tempo, o que demonstra que o processo de urbanização adiantou o evento de cheia em duas horas.

Tabela 2 – Parâmetros da MBHCSP para os cenários C1 e C2

	C1	C2
<i>Área Impermeabilizada</i>	3,74 km ²	7,10 km ²
<i>CN (Curve Number)</i>	61	76
<i>Tempo de concentração</i>	8,30h	6,47h
<i>Taxa de Infiltração</i>	32,71mm/h	21,01mm/h
<i>Vazão de Pico no Córrego</i>	28,73m ³ /s	55,83m ³ /s
<i>Tempo de Pico da Vazão</i>	10h	9h

Fonte: Os Autores.

5 CONCLUSÃO

O estudo demonstra que as alterações provenientes do processo de urbanização, decorrentes de 36 anos de progresso, em um bairro na zona Oeste de Juiz de Fora ocasiona diversos impactos colaborando com aumento na recorrência de eventos de inundações e alagamentos nos bairros adjacentes. A diminuição do tempo de pico em períodos de chuvas extremas foi acompanhada pelo acréscimo dos deflúvios, além disso a alteração na taxa de permeabilidade da bacia contribuiu com o acréscimo de escoamento superficial, ocasionando áreas de alagamento no bairro objeto de estudo.

Entre os parâmetros que sofreram alterações o que obteve maior impacto foi o vazão de pico que teve um acréscimo de 94,3% tal fator demonstra o quanto a urbanização contribuiu para o aumento do volume escoado no córrego, seguindo as análises o taxa infiltrado na bacia também obteve uma alteração expressiva reduzindo em 35,7% o que demonstra a substituição do perfil natural bem como dos obstáculos naturais que dificultam o escoamento superficial na bacia, outros fatores importantes que sofreram fortes alterações foram o tempo de concentração que obteve redução de 22% e o tempo de pico no córrego que diminuiu em 1h.

Dessa maneira, o estudo foi capaz de comprovar que as alterações no uso e ocupação do solo acarretam no aumento do escoamento superficial. Com os resultados pode-se concluir que a alteração mais significativa é a redução do volume infiltrado e o aumento na vazão de pico. Da mesma forma o estudo identificou que se faz necessário a gestão eficiente dos projetos de drenagem e o controle da expansão urbana, pois os mesmos desencadeiam o aumento na frequência de alagamentos e inundações com maior severidade.

6 AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

7 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. (Brasil). **HidroWeb: Sistemas de informações hidrológicas**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: jan. 2023.

ALBERTONI, Fúlvio Piccinini. **A ação dos sujeitos sociais na urbanização da região de São Pedro em Juiz de Fora/MG**. 95f. Dissertação (Mestrado acadêmico em Serviço Social). Faculdade de Serviço Social, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora. 2014.

ASSIS DIAS, M. C. DE et al. Estimation of exposed population to landslides and floods risk areas in Brazil, on an intra-urban scale. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 31, p. 449–459, out. 2018.

Cemaden analisa as chuvas extremas de 2021, ocorridas no norte de MG e sul da BA, com abordagem no monitoramento e alertas. **Notícias do CEMADEM, 31 de jan. 2023**. Disponível em: <https://www.gov.br/cemaden/pt-br/assuntos/noticias-cemaden/cemaden-analisa-as-chuvas-extremas-de-2021-ocorridas-no-norte-de-mg-e-sul-da-ba-com-abordagem-no-monitoramento-e-alertas>. Acesso em: 04 de mar. de 2023.

FONSECA, L. M.; MENDES, L. A.; SCHNEIDER, E. H. M. Análise das alterações dos deflúvios na área de contribuição da avenida dr. Airton Teles, Aracaju. In: XI ENCONTRO NACIONAL DE ÁGUAS URBANAS, 11., 2017, Belo Horizonte. **Anais Eletrônicos** [...]. Belo Horizonte: ABRH, 2017. P. 1-6.

FREITAS, Adir José de et al. Equações de chuvas intensas no Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: **Companhia de Saneamento de Minas Gerais**, p. 2001, 2001.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sinopse do censo demográfico**: 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2011b. 256 p.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **População em Áreas de risco no Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101589.pdf>. Acesso em: 23 de fev. de 2023

Juiz de Fora está entre as 15 cidades do Brasil com mais áreas de risco. **Zona da Mata**, Juiz de Fora, 24 de jan. 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/zona-da-mata/noticia/2023/01/24/juiz-de-fora-esta-entre-as-15-cidades-do-brasil-com-mais-areas-de-risco.ghtml>. Acesso em: 15 de fev. de 2023.

PFAFSTETTER, Otto. Chuvas intensas no Brasil: relação entre precipitação, duração e frequência de chuvas em 98 postos com pluviógrafos. Rio de Janeiro: **DNOCS**, 1957.

Projeto MapBiomias – Coleção 7 da Séria Anual de Mapas da Cobertura e Uso do Solo do Brasil, acessado em: <http://mapbiomas.org>. Acesso em: 20 de jan. 2023.

ROCHA, C. H. B.; PAIVA, L. E. D. Das enchentes agravadas devido à canalização do Córrego do São Pedro, do Nível da Água e da BR440. **Núcleo de Análise Geo-Ambiental-NaGEA**, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, 2010. Disponível em: <https://www.ufjf.br/analiseambiental/files/2010/12/2-Enchentes-agravadas-pela-BR440.pdf>. Acesso em: jan. 2023.

ROCHA, C. H. B.; FERREIRA, R. C.; ALONSO, M.; OLIVEIRA, M. Capacidade de resiliência da Represa de São Pedro, Juiz de Fora (MG), Brasil. **Simpósio de recursos hídricos da bacia do Rio Paraíba do Sul**, Juiz de Fora, v. 3, p. 1-10, 2018.

SEPUR – Secretaria de Planejamento Urbano. **Plano de saneamento básico de Juiz de Fora – 1ª Revisão**. Juiz de Fora: Prefeitura de Juiz de Fora, 2022. Disponível em: https://www.pjf.mg.gov.br/secretarias/sepur/planos_programas/saneamento_basico/revisao_psb2022/produtos/p roduto2_arquivos/Produto%20%20-%20Tomo%20II.pdf. Acesso em: jan. 2023.

SOLOS, Embrapa. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2006.

TOPODATA. Banco de dados Geomorfológicos. Altitude, Declividade, Orientação Octante quadrícula 21S435. Escala: 1:250.000, 2011, INPE.

TUCCI, C. E. M.; GENZ, F. Controle do Impacto da Urbanização. In: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R.L.L.; BARROS, M. T. L. (Org.). **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH, 1995.

TUCCI, Carlos EM. Água no meio urbano. **Águas Doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação**, v. 2, p. 475-508, 1997.

TUCCI, Carlos EM. **Gestão de águas pluviais urbanas**. Programa de Modernização do Setor Saneamento, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Ministério das Cidades, 2005.