

ANÁLISE DA EVOLUÇÃO HISTÓRICA DE OCUPAÇÃO DE SOLO DE RIBEIRÃO PRETO E AS INTERFERÊNCIAS AO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA

Analysis of the Historical Evolution of Occupation in Ribeirão Preto and interferences to the Urban Drainage System

Análisis de la Evolución Histórica de la Ocupación del suelo en Ribeirão Preto y Interferencias en el Sistema de Drenaje Urbano

LAZARI, A .B. M.¹; PASCHOALATO, C. F. P. R.²;
VEIGA, A.³

Resumo

Este trabalho tem por objetivo analisar o crescimento da ocupação do solo em Ribeirão Preto, relacionado à drenagem urbana e às enchentes do córrego Retiro Saudoso. Para isso foi realizado o estudo teórico sobre o assunto, principalmente sobre a impermeabilização do solo para identificar se esta possui relação com os problemas de alagamentos em uma das principais avenidas da cidade. Utilizando-se mapas dos anos de 1874, 1962, 2001 e 2025 da bacia do córrego já citado, foi possível identificar a área total das regiões impermeabilizadas e das não impermeabilizadas de cada ano respectivamente, para correlacioná-las de acordo com o crescimento da população e sua influência na jusante do córrego. Foi constatado um aumento consideravelmente alto nos valores encontrados das vazões de contribuição que alimentam o córrego com o passar dos anos, e isso indica a influência da impermeabilização do solo dentro dessa bacia.

Palavras-chave: Drenagem Urbana; Ocupação do Solo; Vazão.

¹ LAZARI, A .B. M. - Aline Branco de Miranda Lázari: Doutoranda em Tecnologia Ambiental pela Universidade de Ribeirão Preto - UNAERP, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9756-8529>, alazari@unaerp.br

² PASCHOALATO, C. F. P. R. - Cristina Filomêna Pereira Rosa Paschoalato: Profa. Dra. da Universidade de Ribeirão Preto - UNAERP, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9074-9784>, cpaschoalato@unaerp.br

³ VEIGA, R. - Raul Veiga:, alamino92.ra@gmail.com

Data da Submissão:
02 de outubro de 2025
Data da Aprovação:
24 de outubro de 2025
Data da Publicação:
29 de junho de 2026

COMO CITAR:

LAZARI, A .B. M.; PASCHOALATO, C. F. P. R.; VEIGA, R. ANÁLISE DA EVOLUÇÃO HISTÓRICA DE OCUPAÇÃO DE SOLO DE RIBEIRÃO PRETO E AS INTERFERÊNCIAS AO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA. Engenharia Urbana Em Debate, 7(1). <https://doi.org/10.14244/engurbdebate.v7i1.166>



Abstract

This essay aims to analyze the growth of land use in Ribeirão Preto, related to the urban drainage and the floods of the Retiro Saudoso stream. For this, a theoretical study on the subject was carried out, mainly on the waterproofing of the soil to identify if it has relation with the flood problems in one of the main avenues of the city. Using maps from the years 1874, 1962, 2001 and 2025 of the stream already mentioned, it was possible to identify the total area of the waterproofed and not waterproofed regions of each year, respectively, in order to correlate them according to the populational growth and its influence downstream of the Retiro Saudoso. It was observed a considerably increase in the values of the contribution flows that feed the stream over the years, and this indicates that the influence of the waterproofing of the soil inside this basin.

Keywords: Urban Drainage; Soil Occupation; Flow.

Resumen

Este trabajo tiene como objetivo analizar el crecimiento del uso del suelo en Ribeirão Preto, relacionado con el drenaje urbano y la inundación del arroyo Retiro Saudoso. Para ello, se realizó un estudio teórico sobre el tema, principalmente sobre la impermeabilización del suelo para identificar si está relacionada con los problemas de inundaciones en una de las principales avenidas de la ciudad. Utilizando mapas de los años 1874, 1962, 2001 y 2025 de la cuenca del arroyo ya mencionada, fue posible identificar el área total de las regiones impermeabilizadas y no impermeabilizadas de cada año, respectivamente, para correlacionarlas según el crecimiento poblacional. y su influencia aguas abajo del arroyo. Se encontró un aumento considerablemente alto en los valores encontrados para los caudales de contribución que alimentan el arroyo a lo largo de los años, lo que indica que la influencia de la impermeabilización del suelo dentro de esta cuenca.

Palabras-clave: Drenaje Urbano; Ocupación del Suelo; Fluir.

1. Introdução

As mudanças sociais e econômicas vividas pela população mundial com o passar dos anos, resultou em várias adaptações no seu modo de viver, sendo elas intensificadas pelo processo de industrialização ocorrido a partir do final do século XIX, pois houve o aumento significativo da parcela da população que mora em áreas urbanas, graças à necessidade de mão de obra no setor industrial.

Começaram assim a se formar os centros urbanos, incentivados pelo processo progressivo de urbanização, englobando técnicas e obras capazes de dotar uma cidade de planejamento, infraestrutura, organização administrativa, conforme os princípios do urbanismo.

Com a urbanização, surge a necessidade de se impermeabilizar os terrenos que antes eram preenchidos por vegetação para os transformar em ruas, calçadas e locações para construção de edificações. Essas estruturas alteram todo o ciclo hidrológico natural que mantém sua dinâmica através da precipitação, infiltração, evaporação e evapotranspiração das plantas.

A alteração desse ciclo natural traz inúmeras consequências, como o aumento dos picos

de vazão e a intensificação da velocidade do escoamento superficial em locais onde há impermeabilização do solo. Com as constantes ampliações das áreas urbanas, a taxa de aumento das áreas impermeáveis pode facilmente exceder o crescimento populacional em alguns anos. Essa combinação de rapidez de ampliação das áreas urbanas, somada com os seus efeitos nos ciclos hidrológicos pode gerar efeitos importantes à qualidade dos espaços urbanos.

Historicamente, o balanço hidrológico dos centros urbanos é contornado com construções de sistemas de drenagem que servem para conduzir a água para longe das áreas de maior interesse social e econômico, e das regiões urbanizadas, com o intuito de escoá-las mais rapidamente. Porém, essas medidas convencionais não solucionam o problema de fato, mas fazem com que ele seja transferido para as regiões de jusante, causando assim inundações e contaminação dos corpos hídricos receptores.

Por esses motivos é muito importante o planejamento da drenagem urbana a partir da bacia hidrográfica, pois assim é possível localizar e aplicar medidas preventivas nos locais onde

serão implantados novos sistemas de drenagem, e corrigir os problemas nos locais que já os possuem. Existem técnicas compensatórias que auxiliam nesse planejamento, pois elas reduzem o volume escoado e a velocidade do escoamento superficial, e assim, diminuem a possibilidade de inundações, com a possibilidade de impedir situações preocupantes aos moradores e à região que ocorre essa problemática.

Tem-se, portanto, a necessidade de analisar a drenagem urbana em relação a sua história, juntamente com as causas dos problemas de enchentes, no caso de Ribeirão Preto, relativos à ocupação de solo e ao crescimento exponencial do município.

2. Objetivos

Analisar a relação entre a drenagem urbana e as causas dos problemas de enchentes em Ribeirão Preto, levando em consideração seu histórico de

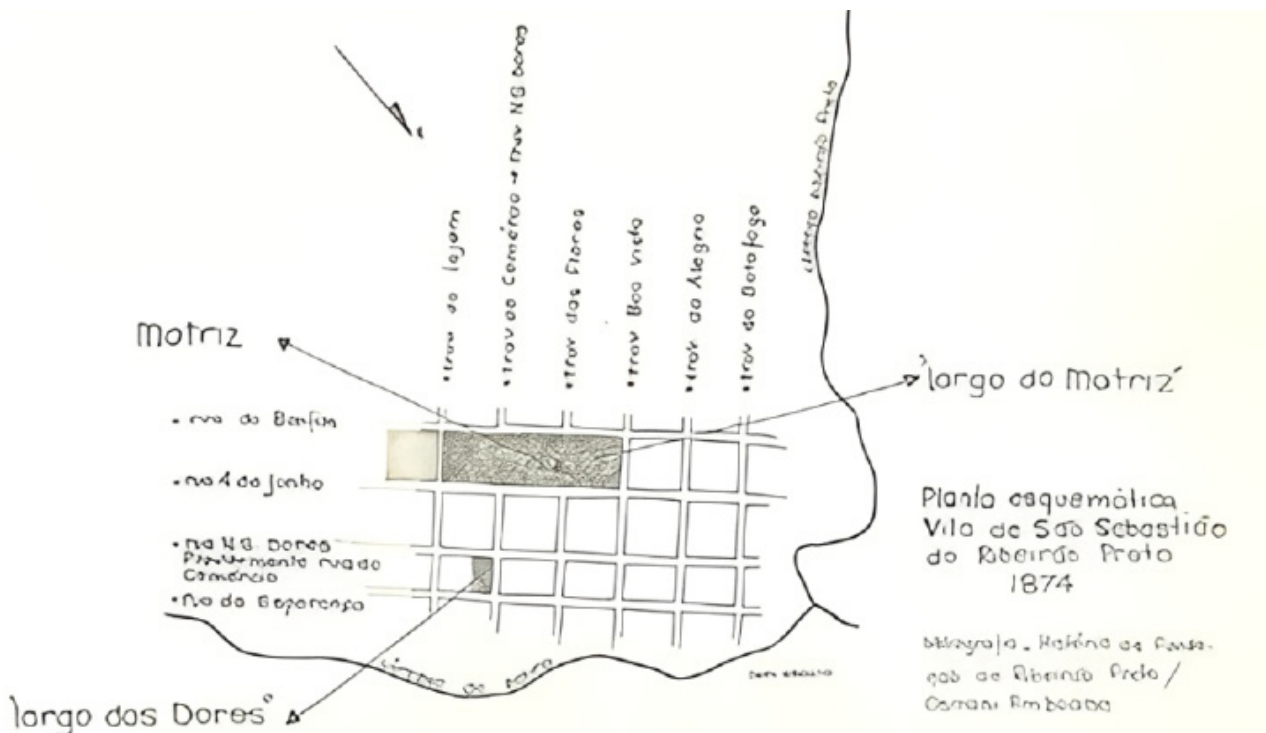
ocupação e de desenvolvimento, desde a 1874 até o ano de 2025.

3. Materiais e Métodos

O local definido para este estudo foi determinado a partir de recorrentes enchentes em Ribeirão Preto, ocasionadas em uma de suas principais vias, a Avenida Doutor Francisco Junqueira e Avenida Maurílio Biagi.

A partir do levantamento histórico da cidade, foi possível caracterizar o local específico para a análise de caso, o qual é chamado córrego Retiro Saudoso. Para isso foram feitas pesquisas bibliográficas, primeiramente em sites da prefeitura da cidade e a outros que relatam informações relativas à história do município, contendo imagens e mapas do princípio da ocupação, conforme a figura 1, para iniciar o processo de associação da ocupação do solo com a margem do córrego referente às primeiras enchentes no local.

Figura 1 – Primeiro Mapa da cidade de Ribeirão Preto.



Fonte: Valadão (1997).

A partir de buscas a Secretaria de Planejamento do município, foi possível levantar fotos aéreas, referentes aos anos de 1962, de 2001, 2013 (figura 2), onde é possível identificar as áreas de ocupação de solo que interferem diretamente na bacia do córrego Retiro Saudoso e que serão consideradas nesta pesquisa. As imagens apresentadas estavam partimentadas para cada região fotografada da cidade, portanto, para cada ano determinado, foi preciso unir as fotos a fim de demonstrar a relação entre a área da bacia do córrego com o crescimento populacional e ocupação territorial, para análise visual das interferências.

Para determinação de vazão, a equação utilizada para esse trabalho é a do método I Pai Wu (equação 1), e será aplicada conforme a área de impermeabilização e as áreas não ocupadas de cada ano estudado (Prefeitura do Município de São Paulo, 1999).

Onde:

$$Q = 0,278 C i A^{0,9}.K \quad (1)$$

Q = vazão de cheia em m³/s;

C = coeficiente de escoamento superficial, adimensional;

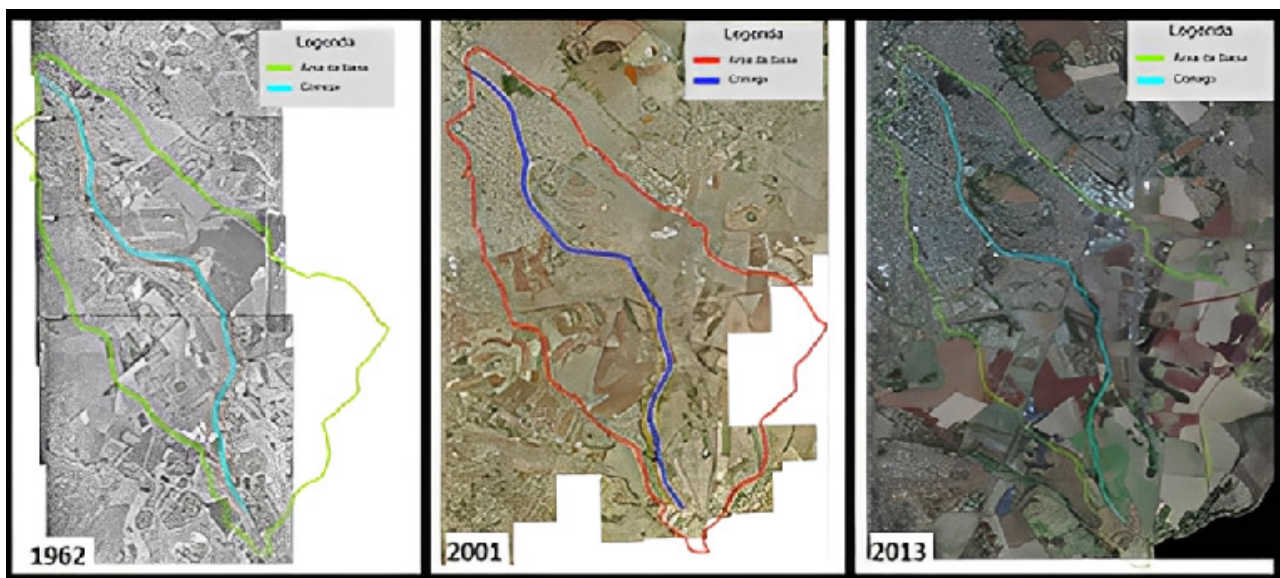
i = intensidade da chuva crítica; em mm/h;

A = área da bacia de contribuição em km²;

K = coeficiente de distribuição espacial da chuva, adimensional.

Nesse método, o cálculo do coeficiente de escoamento superficial C é realizado a partir das equações 2, 3 e 4 nas quais apresenta C1 que é o coeficiente de forma, F que é o fator de forma da bacia, considerando comprimento do talvegue em quilômetros e a área da bacia em quilômetros quadrados, e C2 que é o coeficiente volumétrico de escoamento.

Figura 2 – Bacia do Córrego Retiro Saudoso



Fonte: Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto (2013).

$$C1 = \frac{4}{(2 + F)} \quad (2)$$

$$C = \frac{C2}{C1} \cdot \frac{2}{(1 + F)} \quad (3)$$

$$F = \frac{L}{\left(2 \left(\frac{A}{\pi}\right)\right)^{\frac{1}{2}}} \quad (4)$$

Para a determinação do coeficiente volumétrico de escoamento (C2), utilizou-se o quadro 1 (Prefeitura do Município de São Paulo, 1999). O coeficiente de distribuição espacial da chuva foi determinado a partir do uso do ábaco apresentado na Figura 3, considerando a área da bacia determinada e o tempo de concentração determinado anteriormente. Para a determinação da intensidade de precipitação, é necessário determinar o tempo de concentração da bacia (t) para relacioná-lo ao período de retorno de 100 anos e 200 anos, adotado nesse sistema, considerando ser um rio urbano com riscos ao seu entorno. Para a determinação do tempo de concentração (equação 5), determina-se o comprimento total do rio estudado (L) e o valor da diferença de elevação entre o ponto mais remoto da bacia e a seção de estudo (H).

$$t = 57 \cdot \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385} \quad (5)$$

t = Tempo de Contribuição em minutos

Tabela 1 – Coeficiente Volumétrico de Escoamento (C2)

Grau de Impermeabilização da superfície	Coeficiente Volumétrico de Escoamento (C2)
Baixo	0,30
Médio	0,50
Alto	0,80

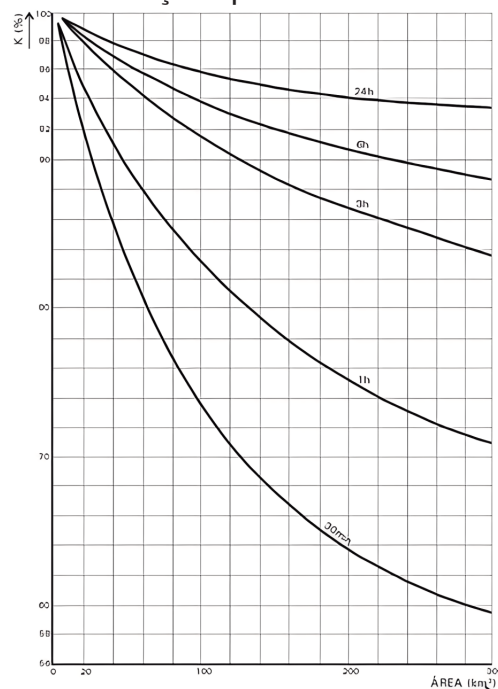
Fonte: Prefeitura do Município de São Paulo (1999).

L = Comprimento do Curso do Córrego em quilômetros

H = Diferença de Cotas do Córrego em m/m

A área da bacia foi determinada a partir do uso do software Civil 3D, utilizando o mapa de Ribeirão Preto desenvolvido pela Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto, o qual contém as cotas topográficas, onde é possível delimitar a área da bacia hidrográfica. Após este traçado, a linha de divisores de águas foi importada para o software Google Earth, o qual foi possível estabelecer a área desta bacia hidrográfica estudada.

Figura 3 – Ábaco referente ao coeficiente de distribuição espacial da chuva



Fonte: Prefeitura do Município de São Paulo (1999).

Tabela 2 – Serrana: Previsão de máximas intensidades de chuvas, em mm/h

Tempo de concentração (min)	Período de retorno T (anos)		
	50	100	200
10	201,3	222,7	244,0
20	155,4	171,4	187,3
30	127,4	140,2	153,1
60	84,0	92,3	100,5
120	51,3	56,3	61,2
180	37,5	41,1	44,7
360	21,3	23,3	25,4

Fonte: Adaptado de DAAE (1999).

4. Resultados e Discussões

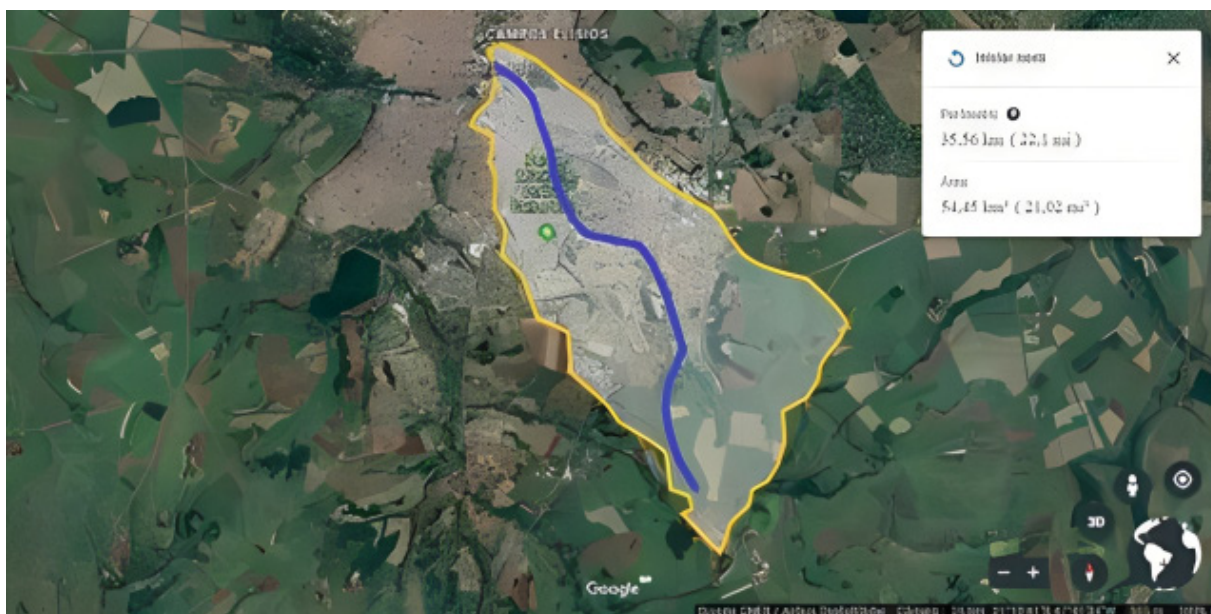
4.1. Elementos Geométricos da Bacia Hidrográfica

Como primeira etapa para a determinação da vazão, foram realizadas as medidas que compõe o estudo da bacia hidrográfica do córrego Retiro Saudoso. Para isso, foi identificado o traçado da bacia hidrográfica e sua respectiva área, totalizando em 54,45 quilômetros quadrados (Figura 4), o comprimento do talvegue, resultando em 13542,51 metros (Figura 5), a declividade média (Figura 6), considerando o ponto mais alto

(722 metros) e o ponto da seção de estudo (525 metros) utilizando o software Google Earth.

Para correlacionar os valores de vazão dos quatro anos retratados nesse estudo é preciso levar em consideração as áreas de ocupação dessas épocas, utilizando-se o programa Google Earth para delimitar essas áreas estimadas de cada período, indicadas das figuras 7 a 10. Considerando a área total da bacia hidrográfica é possível determinar o percentual de ocupação do solo, relacionando a área ocupada com a área total, conforme apresentado na tabela 3.

Figura 4 - Área da Bacia do Córrego Retiro do Saudoso



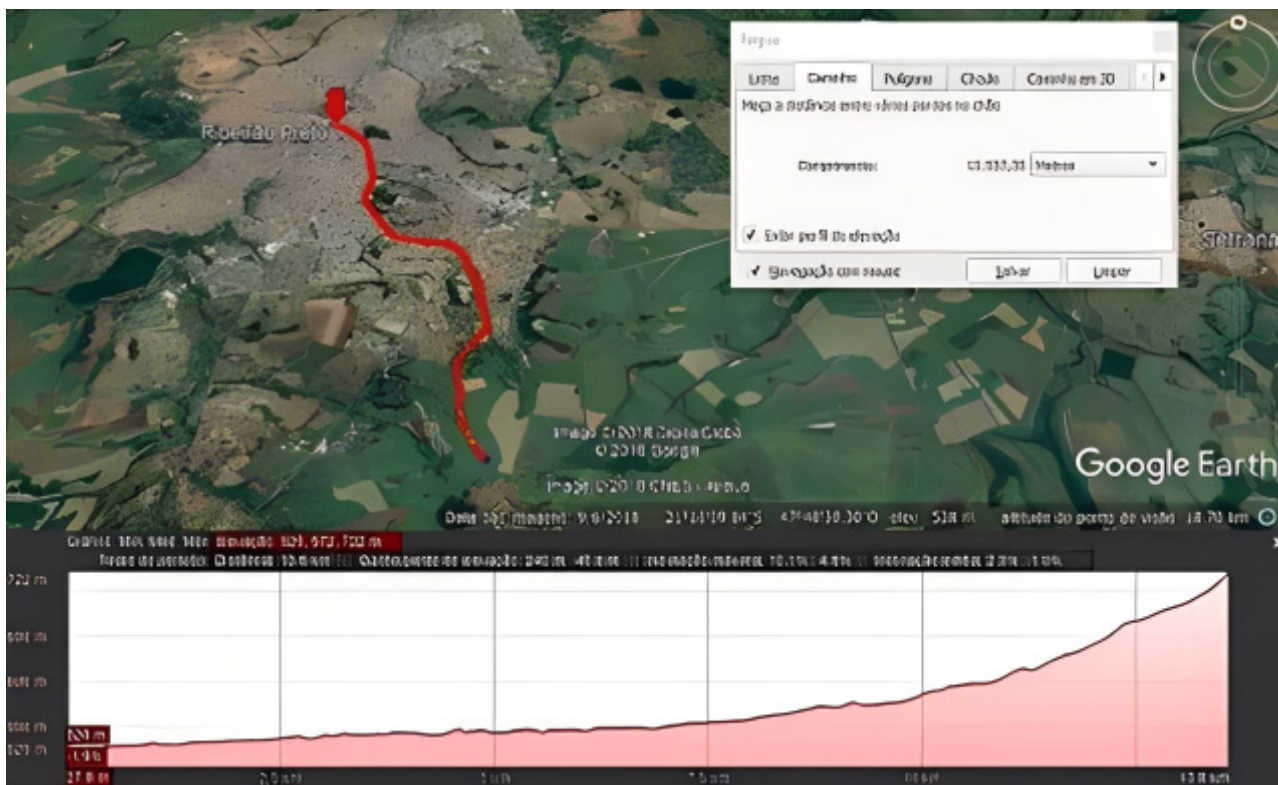
Fonte: Autor (2025).

Figura 5 - Extensão do Córrego Retiro Saudoso



Fonte: Autor (2025)

Figura 5 - Declividade Média do Córrego Retiro Saudoso



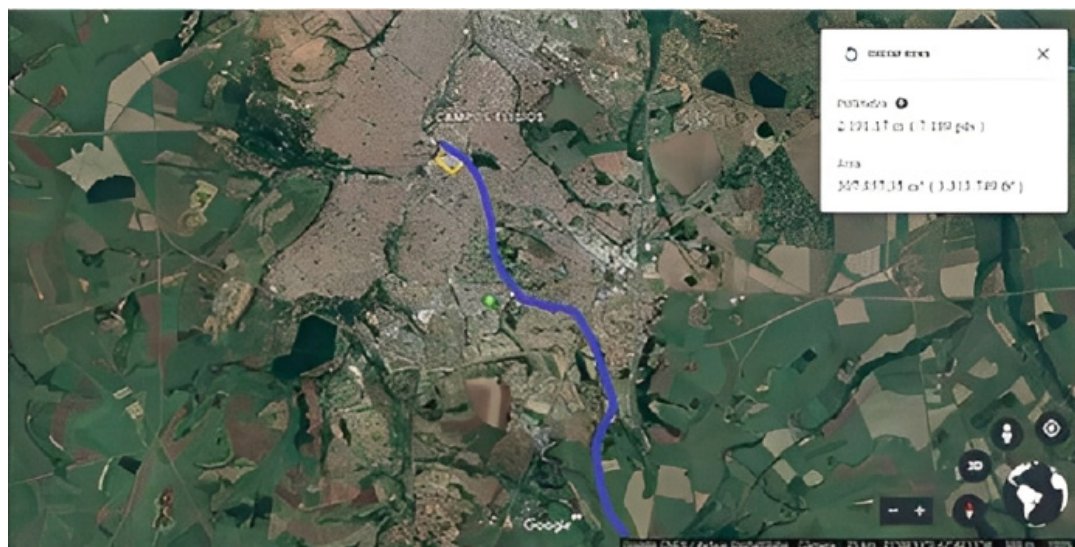
Fonte: Autor (2025)

Tabela 3 – Relação das áreas ocupadas com a área total da bacia hidrográfica estudada

Ano	Área Ocupada (Km ²)	Área Total (km ²)	Percentual de Ocupação (%)
1874	0,31	54,45	0,57
1962	7,22		13,26
2001	24,51		45,01
2025	38,34		70,41

Fonte: Autor (2025)

Figura 7 – Área do uso de solo urbano da bacia do córrego Retiro Saudoso em 1874, totalizando 0,31 km².



Fonte: Autor (2025)

Figura 8 – Área ampliada do uso de solo urbano da bacia do Córrego Retiro Saudoso em 1874



Fonte: Autor (2025)

Figura 9 – Área do uso de solo urbano da bacia do córrego Retiro Saudoso em 1962, totalizando 7,22 km².



Fonte: Autor (2025)

Figura 10 – Área do uso de solo urbano da bacia do córrego Retiro Saudoso em 2001, totalizando 24,51 km².



Fonte: Autor (2025)

Figura 11 – Área do uso de solo urbano da bacia do córrego Retiro Saudoso em 2025, totalizando 38,34



Fonte: Autor (2025)

4.2. Determinação do tempo de concentração e intensidade de precipitação

Utilizando a equação 5, conhecendo o comprimento do talvegue e as diferenças de cota, foi possível determinar o tempo de concentração desta bacia, o qual resultou em aproximadamente 151 minutos. De acordo com a tabela 2, levando em consideração o tempo de concentração e o período de retorno de 100 e 200 anos, os valores da intensidade de precipitação, respectivamente,

resultou em 50,2 e 55 milímetros por hora.

4.3. Determinação dos coeficientes de “run-off” para cada ocupação do solo

Para a determinação do coeficiente de “run-off” foram utilizadas as equações 2, 3 e 4, considerando para os anos de 1874 ocupação de nível baixo, para 1962 e 2001 ocupação de nível médio e para 2025 ocupação de nível alto. Os resultados dos coeficientes são apresentados na tabela 4.

Tabela 4 – Relação das áreas ocupadas com a área total da bacia hidrográfica estudada

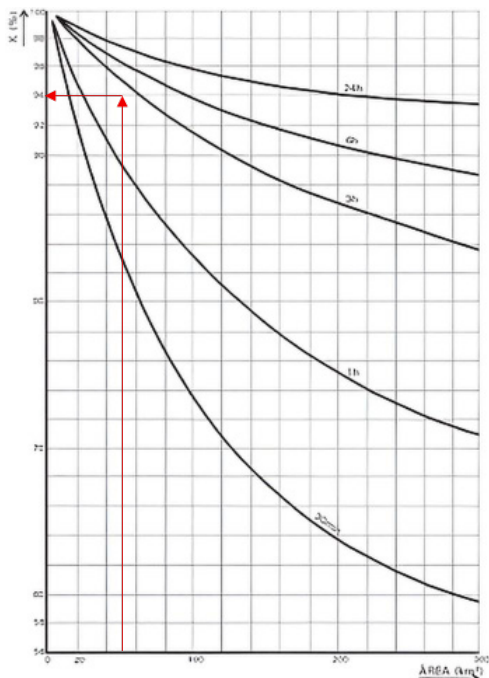
Ano	F	C1	C2	C
1874	2,30	0,93	0,3	0,20
1962	2,30	0,93	0,5	0,33
2001	2,30	0,93	0,5	0,33
2025	2,30	0,93	0,8	0,52

Fonte: Autor (2025)

4.4. Determinação do coeficiente de distribuição espacial da chuva

Considerando a figura que mostra o abaco em relação a área da bacia e o tempo de concentração, levando em consideração os resultados desta análise, chega-se a um valor aproximado de 94%, conforme mostrado na figura 12.

Figura 12 – resultado do coeficiente de distribuição espacial da chuva



Fonte: Adaptada pelo Autor, 2025.

4.5. Determinação da vazão na exultória da bacia analisada

De acordo com os dados levantados, dimensionamentos para cada ano de estudo, considerando a Equação 2 do método de I-Pai-Wu, foram determinadas as vazões no ponto de exultória da bacia hidrográfica do córrego Retiro Saudoso, apresentado na tabela 5.

Com base nas vazões calculadas é possível observar um aumento de vazão de acordo com o avanço da ocupação do solo, causando uma sobrecarga ao ponto de exultória da bacia do córrego Retiro Saudoso. Esta sobrecarga, no entanto, não tem uma diferença muito grande quando se considera o aumento do tempo de retorno de 100 para 200 anos. O aumento da vazão ao longo dos anos pode ter ocasionado os pontos de inundação na exultoria desta bacia, visto a limitação da geometria dos canais, devido a ocupação lateral do fundo de vale.

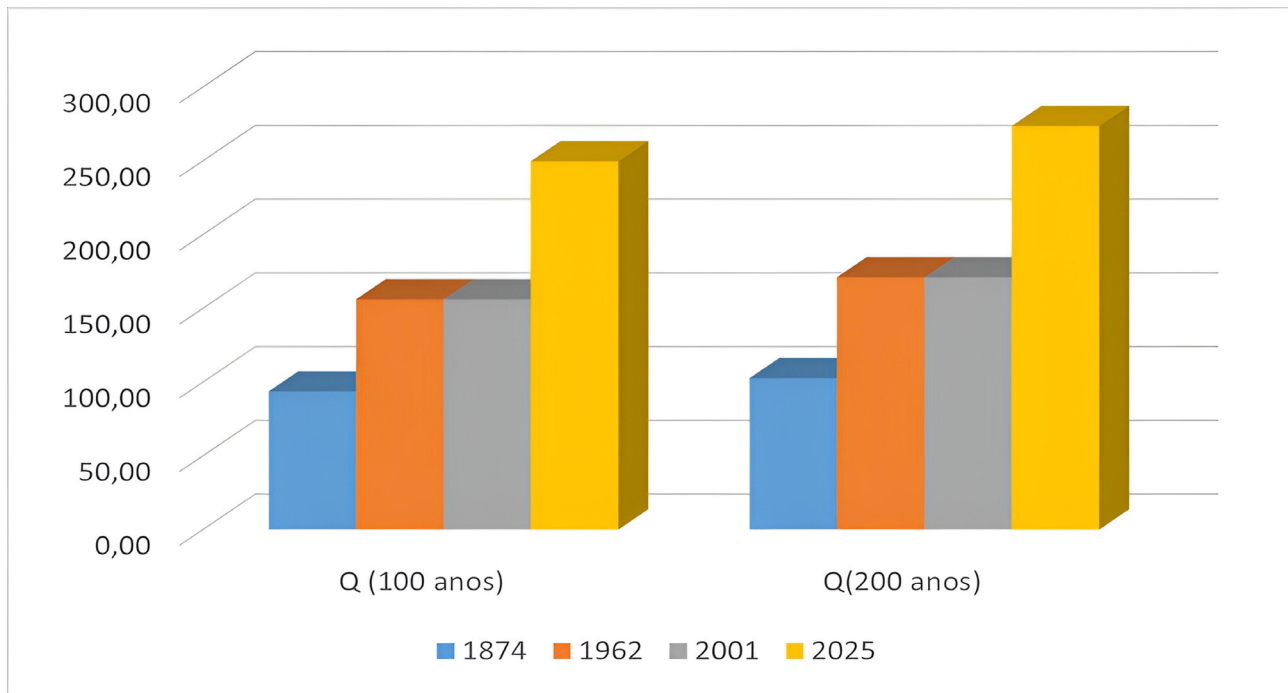
O valor da vazão encontrado no início da ocupação das margens do córrego mostra-se baixo em relação aos demais. No ano de 1962 e 2001, por se tratar de um coeficiente de valor médio de ocupação, resultaram em valores iguais. No ano de 2025, com uma alta ocupação da área estudada, resultou em valores próximos a 250 m³/s. Esse incremento de vazão ao longo dos anos pode ter resultado em ineficiência do escoamento pela calha do córrego, causando os pontos de inundação no entorno da exultória da bacia estudada.

Tabela 5 – Vazões de contribuição ao ponto de exultória referente a cada ano do estudo

Ano	C (adm)	i 100 anos (mm/h)	i 200 anos (mm/h)	A (km ²)	K	Q 100 anos (m ³ /s)	Q 200 anos (m ³ /s)
1874	0,20	50,2	55	54,45	0,94	93,62	102,57
1962	0,33	50,2	55	54,45	0,94	156,03	170,94
2001	0,33	50,2	55	54,45	0,94	156,03	170,94
2025	0,52	50,2	55	54,45	0,94	249,64	273,51

Fonte: Autor (2025).

Figura 13 – Gráfico comparativo de vazões nos diferentes anos analisados, com período de retorno de 100 e 200 anos.



Fonte: Autor (2025)

5. Conclusão

A análise dos dados e informações explicitados nesse estudo permite uma avaliação da ocupação do solo de Ribeirão Preto sobre seu crescimento desorganizado e sua consequente situação de enchentes em épocas de chuva. A fixação de moradia no entorno do córrego Retiro Saudoso, a longo prazo, gerou e ainda gera muitos problemas aos que ocupam o fundo de vale, visto que com o aumento da vazão das águas pluviais lançadas ao córrego, em época de chuva, fazem com que este não suporte e venha a extravasar a calha principal.

Em um cenário mais próximo da nossa atual situação, o ano de 2025 possui uma área de ocupação de solo 5,3 vezes maior que a do ano de 1962, e de 1,6 vezes maior que o ano de 2001, fazendo com que a situação se agrave.

Com base nas vazões calculadas é possível observar um aumento de vazão de acordo com o avanço da ocupação do solo, causando uma

sobrecarga ao ponto de exultório da bacia do córrego Retiro Saudoso. Esta sobrecarga, no entanto, não tem uma diferença muito grande quando se considera o aumento do tempo de retorno de 100 para 200 anos. O aumento da vazão ao longo dos anos pode ter ocasionado os pontos de inundação na exultório desta bacia, visto a limitação da geometria dos canais, devido a ocupação lateral do fundo de vale.

Portanto, é possível considerar que o crescimento populacional, ligado ao aumento da vazão de contribuição no córrego, referente à crescente expansão de ocupação do solo da bacia em questão, são uma das causas dos alagamentos que atingem quase todo o percurso do Retiro Saudoso. No entanto, estudos complementares que analisem a geometria do canal podem verificar a capacidade de recebimento e escoamento deste canal e quais modificações estruturais e técnicas compensatórias podem ser incorporadas ao plano de drenagem urbana da bacia do córrego Retiro

Saudoso.

6. Referências Bibliográficas

CANHOLI, A. P. Drenagem Urbana e Controle de Enchentes. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

DAEE. Equações de Chuvas Intensas do Estado de São Paulo. Convênio Departamento de Águas e Energia Elétrica e Universidade de São Paulo. Edição Revisada. 2018.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE RIBEIRÃO PRETO. Secretaria de Planejamento. Fotos aéreas referentes a Bacia do Córrego Retiro Saudoso. 2013.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. Superintendência de Projetos e Obras. Diretrizes de projeto de hidráulica e drenagem. São Paulo, 1999. Disponível em: https://drive.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/infraestrutura/arquivos/dp_h17_diretrizes_de_projeto_elaboracao_de_projetos_de_drenagem.pdf. Acesso em: Junho de 2025.

VALADÃO, V. Memória Arquitetônica de Ribeirão Preto. Dissertação (Mestrado em História, Direito e Serviço Social) Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, Franca, 1997.