

## **Aplicação de diferentes equações para cálculo do tempo de concentração em bacias hidrográficas**

**Nazareno Mostarda Neto<sup>1</sup>; Marcelo Santos Targa<sup>2</sup>; Ronaldo de Castro Corrêa<sup>3</sup>; Celso de Souza Catelani<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo, SP, Brasil.

<sup>2</sup>Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, UNITAU, Taubaté, SP, Brasil.

<sup>3</sup>Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas - IPABHi., Taubaté, SP, Brasil.

**cscatelani@gmail.com, mostardaneto21@gmail.com, ronagua@hotmail.com**

**\*Autor correspondente: e-mail: mtarga@unitau.br**

### **RESUMO**

#### **Aplicação de diferentes equações para cálculo do tempo de concentração em bacias hidrográficas**

O tempo de concentração em uma bacia hidrográfica, consiste no tempo de viagem água proveniente que chuva, que cai em sua superfície no ponto mais distante, levava para chegar a saída ou ponto de controle, e portanto, consiste em uma importante informação para engenheiros o desenvolverem cálculos hidrológicos e hidráulicos. A medida desse tempo em loco e bastante onerosa e de difícil obtenção. Nesse sentido, no presente estudo, avaliou-se o resultado de 20 métodos estimativos do tempo de concentração em uma bacia de aproximadamente 58 km<sup>2</sup> dívida a partir nascente (N) mais distante, em trechos NA, N-B N-C, N-D e A-D, a partir d, tendo como referência, além dos aspectos físicos dessas bacias, outros estudos já realizados, o que resultou na obtenção de grupos de métodos com semelhança de resultados. Essa avaliação mostrou através de estudos de caso que entre vários métodos existentes podemos identificar os mais apropriados e até os não recomendados, para efeito de aplicação no cálculo de vazão.

**Palavras-Chave:** Recursos hídricos, hidrologia, bacia hidrográfica,

#### **Application of different equations to calculate concentration time in watersheds**

### **ABSTRACT**

This work aims to analyze the environmental perception of Elementary School II students in the city of Taubaté, state of São Paulo, having as a tool the application of a digital game with a theme in watersheds. Another objective of the study is the evaluation of the game by the students to identify ideas and suggestions as well as benefits so that this practice can be applied in the classroom. The digital game that will be addressed in this project is called “Educa

– Ação – Água” developed by TARGA, et al. (2017) from the University of Taubaté. The methodology applied in this study consisted of applying the digital game activity in order to evaluate the game. After carrying out the activity, the students also answered a final questionnaire with the objective of exposing their impressions about the material and the practice of the game, including ideas on how it can help in the practice in the classroom. In the evaluation of the game, it was observed that 51.6% of the students classified the game as "Good" and 35% of them classified it as "Very Good", so much so that most would play at home or in the classroom to increase their learning in relation to the theme. The students (players) contributed positively when evaluating the Educa-Ação-Água game, allowing to verify the need for changes. It was concluded that the use of the digital game by the students caused a paradigm shift regarding the environmental theme, leading them to obtain a new perception and critical view in relation to the environment, as well as an environmental conscience.

**Keywords:** Water resources, hydrology, watershed, concentration time.

## 1. INTRODUÇÃO

O comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é função de suas características geomorfológicas como forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem, solo, bem como da cobertura vegetal (Lima, 1986); As características físicas de uma Bacia Hidrográfica são muito importantes em seu comportamento hidrológico, porque existe uma estreita correspondência entre o regime hidrológico de uma bacia e estas características. As mais importantes são: Área de drenagem, forma da bacia, coeficiente de compacidade, fator de forma, ordem dos cursos d'água, densidade de drenagem e declividade da bacia. Todos os dados de uma bacia que podem ser extraídos ou determinados a partir de mapas, fotografias aéreas e imagens de satélites, são denominados dados fisiográficos. Para a bacia do Ribeirão Itaim, estes dados foram determinados por Corrêa (2001).

Um aspecto importante no cálculo de vazão de projeto em bacias hidrográficas é fundamental para a escolha da chuva de projeto é o Tempo de Concentração ( $T_c$ ). A máxima vazão em uma bacia hidrográfica está relacionada com o tempo que leva a bacia para contribuir com essa vazão. Em outras palavras após iniciar o percurso, se passarão vários minutos ou horas até que a água que caia em diferentes locais na bacia possa contribuir com o ponto de descarga.

Segundo Silveira (2005), o tempo de concentração é um dos tempos de resposta da bacia hidrográfica mais utilizados no cálculo de chuvas e hidrogramas de projeto. Paradoxalmente, é um parâmetro hidrológico difícil de ser estabelecido com critério pelos projetistas porque há pouca informação sobre a aplicabilidade das diversas fórmulas empíricas disponíveis. Mas sobretudo, estudos que comparem formulas para cálculo do Tempo de concentração, não devem fazer um “ranking” de todas as fórmulas, mas fornecer indicadores para uma escolha consciente caso a caso.

Em muitas bacias esses pontos estão mais perto do ponto de descarga que outros, mas em geral o pico de vazão é gerado somente do ponto mais remoto da bacia. Dessa forma a quantidade de tempo que leva para a água que cai no ponto mais distante da bacia atingir o ponto de descarga é chamado de Tempo de concentração.

Muitos métodos para calcular o tempo de concentração são encontrados na literatura. Contudo, cada um desses métodos é diferente, mas por vezes levemente diferentes, pois eles são baseados no tipo de cobertura da superfície, na declividade do solo e na distância do ponto de descarga até o ponto mais distante da bacia. Frequentemente os órgãos governamentais

estabelecem um tempo mínimo de 5 a 10 minutos para o tempo de concentração em pequenas bacias.

Com poucas exceções os métodos para predição do tempo de resposta da bacia são empíricos por natureza. Consequentemente muitos erros podem ser esperados na resposta do tempo de concentração se esses métodos não forem cuidadosamente selecionados e aplicados e os picos de vazão ou vazão de projeto podem ser significativamente afetados. Logicamente que o método escolhido para determinada bacia com condição similar da qual ele foi desenvolvido.

A cobertura vegetal do solo desempenha importante papel nos processos relacionados a fase terrestre do ciclo hidrológico, influenciando na infiltração, evapotranspiração, escoamento superficial e subsuperficial, bem como na quantidade de água produzida como deflúvio.

A bacia do Ribeirão Itaim, seu curso d'água principal e seus tributários apresentam todos os tipos de problemas ambientais possíveis, por se tratar, o Itaim, de um Ribeirão que corta terras rurais e terras urbanas. Com 49% de pastagens e 7% de solo exposto, são comuns as trilhas de caminhamento de animais, pisoamento do solo, aumentando sua compactação e diminuindo sua infiltração, má conservação de estradas, principalmente em cortes e aterros e trânsito de veículos e animais cortando os cursos d'água em seus trechos mais rasos.

A aragem de terras para cultivo é normalmente executada no sentido mono abaixo, ao invés de aragem em cursos de nível, aumentando o escoamento superficial e dão origem às enxurradas e, posteriormente, às voçorocas. A destruição da mata ciliar também contribui para o aumento do escoamento superficial, que passa a deslocar-se para dentro dos cursos d'água.

Barrancos de rios sem proteção, provocando desbarrancamentos, assoreamentos e formação de bancos de areia, são comuns em toda a extensão do Itaim. A erosão é bem, grande em toda a bacia e o ribeirão está bastante degradado, conforme mostram estudos anteriores, (Corrêa, 2001).

O aumento no processo de urbanização é um dos impactos negativos que ocorre em uma bacia hidrográfica provocando, principalmente, o aumento do número de ocorrência de vazões de cheias e inundações, em função das alterações das suas características morfológicas, como é o caso da retificação dos cursos dos rios, e a impermeabilização do solo, através de supressões vegetais, construção de edificações e aterramento de várzeas, tendo como consequência a redução no Tempo de deslocamento da água na bacia e o aumento no volume de água escoada e do pico das vazões.

Nesse contexto, desenvolveu-se este trabalho, tendo como objetivo avaliar o desempenho de onze equações empíricas disponíveis. Para tanto, os valores do tempo de concentração estimados por essas equações foram comparados entre si com o objetivo de analisar a influência do uso destes diferentes métodos de cálculo do tempo de concentração na obtenção da Vazão de cheia da Bacia hidrográfica do Ribeirão Itaim.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Com o intuito de calcular o tempo de Concentração por diferentes métodos, o presente estudo foi realizado na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Itaim localizada no município de Taubaté SP, entre as coordenadas S 23°09'46" e W 45°36'28", próximo à divisa de Taubaté, com os municípios de Caçapava e Redenção da Serra e seu exutório, aproximadamente, nas coordenadas S 23°01'28" e W 45°30'23", no interior da Fazenda Piloto do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade de Taubaté.

Segundo Lobato (2003) a pastagem foi a classe de uso e ocupação mais expressiva na bacia do Ribeirão Itaim com 49,2% da área total, o que reforça o resultado obtido com o questionário de que 80% das propriedades possuem áreas ocupadas por pastagem. As demais

classes representam aproximadamente capoeira (23,3%), mata (16%), solo exposto (7%), área queimada (2%), área urbana (2,1%), silvicultura (0,2%) e a água (0,2%).

Na Figura 1 são representados os limites da bacia do Itaim, em Imagem SPOT de 24/09/1995 com os trechos utilizados, bem como a distribuição espacial do uso e ocupação do solo. A bacia foi dividida em 4 trechos somatórios no sentido de montante para jusante, denominados Bacias A, AB, AC e AD.

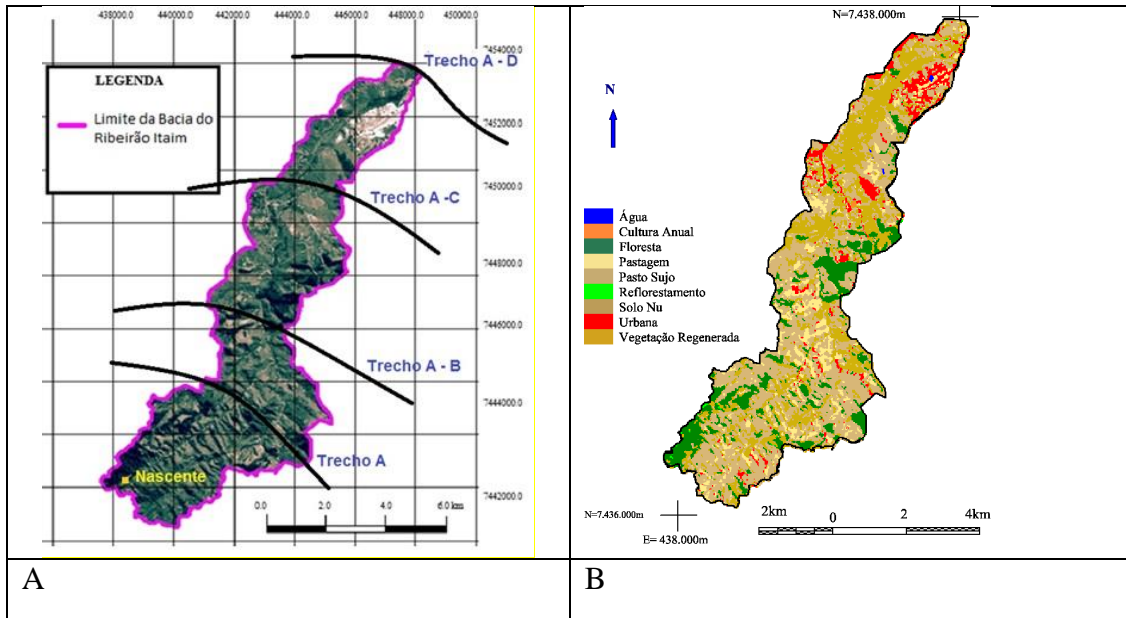


Figura 1. Imagem SPOT (1995) da Bacia do Ribeirão Itaim com a definição dos trechos (A) e uso e ocupação do solo (B) utilizados neste estudo

Fonte: (A) adaptado de Lobato, (2003) e (B) adaptado de Batista (2005)

Segundo Fisch (1995), o clima da região caracteriza-se por ser quente e úmido no verão e frio e seco no inverno. O ano hidrológico inicia-se em agosto e termina em julho do ano seguinte, com 42% da precipitação ocorrendo nos meses de dezembro a fevereiro. O total da precipitação anual é de 1355 mm.

O balanço hídrico de Taubaté (Embrapa – ESALQ-USP) do período de 1941 a 1975 com base em dados do DAEE pela metodologia de SENTELHAS, et al.; (2003) é apresentado na Tabela 1.

A bacia hidrográfica do Itaim encontra-se em processo avançado de degradação evidenciado pela pouca vegetação de porte arbórea nativa existente, pelo baixo nível de conservação dos solos e das estradas, pela criação extensiva de gado bovino, pela existência de processos erosivos e ocorrência de assoreamento dos cursos d'água, conforme já evidenciado em Corrêa (2001).

O relevo da bacia do ribeirão do Itaim é composto por compartimentos que variam de áreas de planícies até o domínio morfológico dos Mares de Morros, passando por áreas de colinas e relevo ondulado o forte ondulado.

Tabela 1: Balanço hídrico Climatológico para Taubaté para o período de 1941 a 1975

Mês	T(°C)	P(mm)	ETP	ARM(mm)	ETR(mm)	DEF(mm)	EXC(mm)
Jan	24,5	214	125	100	125	0	89
Fev	24,6	214	115	100	115	0	99
Mar	24	172	115	100	115	0	57
Abr	21,8	69	83	87	82	1	0
Mai	19,4	39	61	70	56	5	0
Jun	18	31	47	60	41	6	0
Jul	17,9	22	47	46	35	12	0
Ago	19,6	32	61	35	44	17	0
Set	21	50	74	27	57	17	0
Out	22,2	130	93	64	93	0	0
Nov	23	140	103	100	103	0	1
Dez	23,7	197	119	100	119	0	78
<b>TOTAIS</b>	<b>259,7</b>	<b>1.310</b>	<b>1.044</b>	<b>889</b>	<b>987</b>	<b>58</b>	<b>323</b>

Fonte: SENTELHAS, et al.; (2003).

As metodologias para definir o Tempo de concentração de bacias hidrográficas (Tabela 2), considerando a aplicação dentro das características limitantes de área, declividade, condição de superfície, devem considerar os resultados de chuva e vazão. Contudo, dado às dificuldades de medições de tempo de respostas de bacias hidrográficas em transformar a chuva em escoamento na saída da bacia, no presente estudo foram utilizadas as seguintes metodologias que aplicam equações para estimar o tempo de concentração: Kirpich, Dodge, Picking, Giandotti, Ven Te Chow, Califórnia CulvertsPractice, Johnstone, Soil Conservation Service, Onda Cinemática, Bransby-Willians, Federal Aviation Agency, Arnell, definidas em SILVEIRA (2005), para cada um dos trechos definidos (Tabela 2).

A maior parte das metodologias pra determinação do tempo de concentração, se utiliza de parâmetros como comprimento (L) do talvegue do curso d'água e da declividade equivalente (S). E todas elas denotam a relação direta do comprimento (L) do talvegue em relação ao tempo de concentração, enquanto a declividade equivalente (S) apresenta relação inversa.

Os dados de vazão foram obtidos segundo a metodologia de I-PAI-Wu, descrita em DAEE (2005), por meio das seguintes equações (1 e 2):

$$Q_{\text{máx}} = 0,278 \times C \times i \times A^{0,9} \times K \quad (\text{Eq. 1})$$

$$Q_p = Q_{\text{máx}} + 0,1 \times Q_{\text{máx}} \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que:

Q = vazão máxima em m<sup>3</sup>/s

C = Coeficiente de escoamento superficial, adimensional

A = Área da bacia, em km<sup>2</sup>

i = Intensidade da chuva crítica em mm/h

K = coeficiente de distribuição espacial da chuva

**Tabela 2. Equações (métodos) para estimar o Tc em Minutos.**

Método	Equação	Aplicação
Kirpich	$T_c = 57 \left( \frac{L^2}{S} \right)^{0,385}$	Desenvolvida para pequenas bacias de drenagem do Tennessee e Pennsylvania. Aplicado para áreas menores que 50 Acres. <b>L</b> é o comprimento do talvegue, em km e <b>S</b> é a Declividade Equivalente em m/km
Dooge	$T_c = 21,88A^{0,41} S^{-0,17}$	Área de drenagem entre 140 e 930 km <sup>2</sup> <b>A</b> é a área da bacia, em km <sup>2</sup> ; <b>S</b> é declividade do talvegue, em m/m
Picking	$T_c = 5,298 \left( \frac{L^2}{S_1} \right)^{0,333}$	Área de drenagem inferior a 0,5 Km <sup>2</sup> e Declividade variando entre 3% e 10%. <b>L</b> é o comprimento do curso d'água, em Km; <b>S<sub>1</sub></b> é a declividade equivalente constante, em m/m
Giandotti	$T_c = 4 \frac{\sqrt{A} + 1,5L}{0,8\sqrt{H}}$	<b>A</b> é a área da bacia, em Km <sup>2</sup> ; <b>L</b> é o comprimento do curso d'água, em Km; <b>H</b> é a altura média da bacia em metros.
Ven Te Chow	$T_c = 52,64 \left( \frac{L}{S_0^{0,5}} \right)^{0,64}$	<b>S<sub>0</sub></b> é a declividade média do talvegue, em Km-1; <b>L</b> é o comprimento do curso d'água, em Km
Califórnia	$T_c = 57 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$	Pra bacias rurais com áreas maiores que 1km <sup>2</sup> . <b>L</b> é o comprimento do talvegue, em km <b>H</b> é o Desnível do talvegue entre a seção de saída e o ponto mais distante na bacia em m
Arnell Rural	$T_c = 100,2 * 10^{-3} * \left( \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,7}$	Para bacias naturais com 0,50 C 0,70 <b>S</b> é a declividade do talvegue, em m/km; <b>L</b> é o comprimento do talvegue, em m
Federal Aviation Agency	$T_c = 22,73 * (1,1 - C) * L^{0,5} * S^{-0,33}$	Desenvolvido para drenagem de aeroportos (microdrenagens) <b>C</b> o coeficiente de escoamento superficial; <b>L</b> o comprimento do talvegue, em km; <b>S</b> a declividade do talvegue, em m/m
Bransby-Willians	$T_c = 14,6 * L * A^{-0,1} * S^{-0,2}$	Indicado para áreas Rurais Área de drenagem inferior a 129,5 km <sup>2</sup> . <b>L</b> é o comprimento do talvegue em km; <b>A</b> é área da bacia em km <sup>2</sup> ; <b>S</b> representa a declividade média do talvegue, em m/m
Onda Cinemática	$T_c = 447(nL)^{0,60} S^{-0,3} I^{-0,4}$	Área de drenagem superior a 45 km <sup>2</sup> <b>L</b> o comprimento do talvegue, em km; <b>S</b> é a declividade do talvegue, em m/m; <b>I</b> é a intensidade da chuva, em mm/h, e <b>n</b> é o coeficiente de rugosidade de Manning
Johnstone	$T_c = 27,75 \left( \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,5}$	Desenvolvida nas bacias nos rios Scotie e Sandunsky com áreas entre 25 e 2624 mi <sup>2</sup> . <b>S</b> a declividade do talvegue, em m/m; <b>L</b> comprimento do talvegue, em km

Utilizou-se dados de chuva obtidos no período de 1964-1965; 1969-1988; 1990-1997 do posto de Código DAEE E2-022 que possui Coordenadas geográficas: Lat. 23°02'S; Long. 45°34'W em altitude de 610 m com tempo de duração de chuva variando de 10 ≤ t ≤ 1440 min, e Tempo de Retorno de 100 anos para calcular a intensidade de chuva, utilizando a equação de chuvas intensas desenvolvida por Martinez Junior e Magni (1999):

$$i_t, T = 54,5294 (t+30)^{-0,9637} + 11,0319 (t+20)^{-0,9116} \cdot [-0,4740 - 0,8839 \ln \ln(T/T-1)]$$

Em que:

**i** = intensidade de chuva em mm/min;

**t** = Tempo de duração da chuva, em min;

**TR** = Tempo de retorno, em anos

Os valores de coeficiente de distribuição espacial da chuva (**K**) foram obtidos por meio da Figura 2



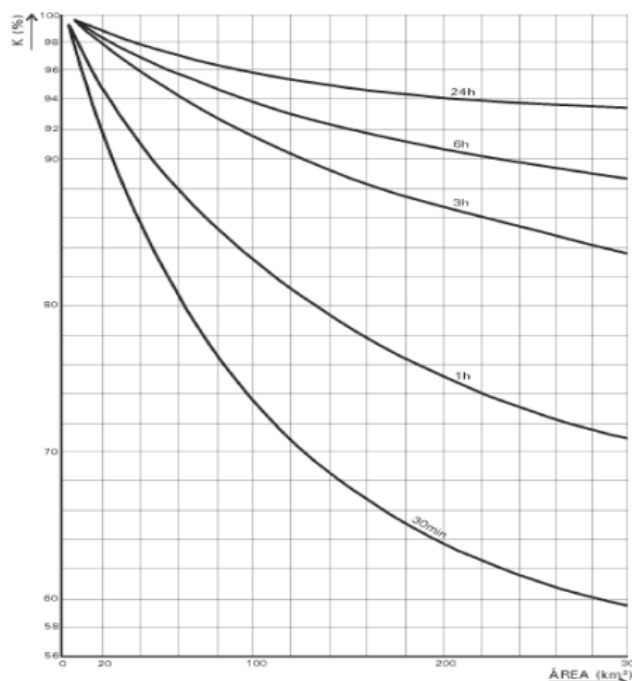


Figura 2. Coeficiente de distribuição espacial da chuva (K)

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 3, encontra-se traçado o perfil do talvegue do ribeirão Itaim, com separação dos pontos de início e fim das bacias A, A-B, A-C e A-D, bem como os dados físicos para cálculo do Tempo de concentração e vazão.

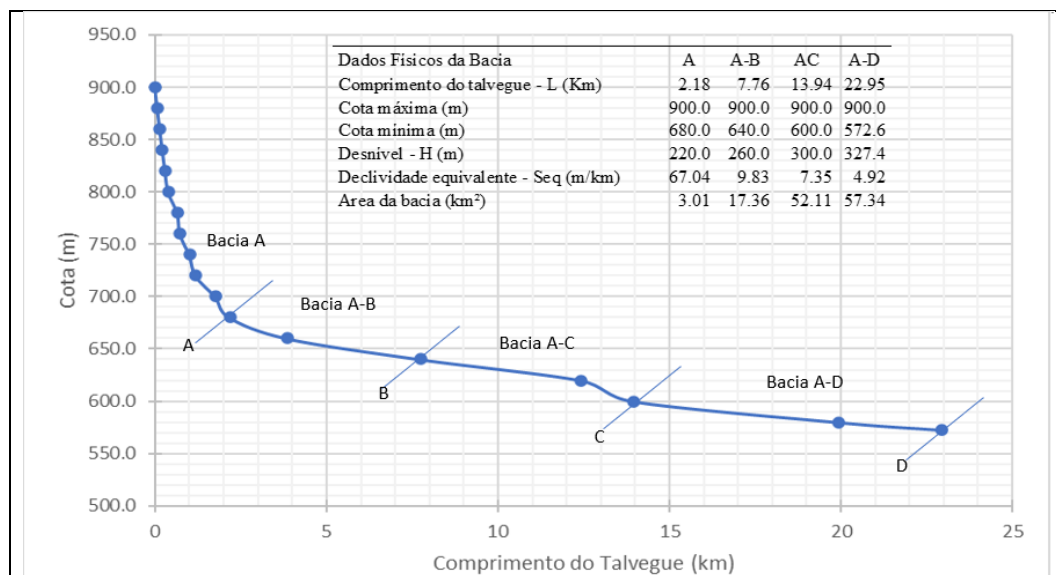


Figura 3. Perfil do talvegue do ribeirão Itaim, com separação dos pontos de início e fim das bacias A, A-B, A-C e A-D

Segundo Targa, et. al., (2019), em termos de caracterização geométrica a bacia do Itaim possui uma área de 58,90 km<sup>2</sup>, um perímetro de 48 km e um comprimento do eixo da bacia de 6,3 km. Essas medições possibilitaram calcular o coeficiente de compactidade ( $K_c = 1,7$ ), fator

de forma ( $F = 0,13$ ) e índice de circularidade ( $IC = 0,32$ ) indicando que a bacia tem uma forma mais longa e portanto, apresenta menor concentração de deflúvio e baixa incidência de inundação. A densidade hidrográfica média foi determinada em  $4,21$  canais/ $\text{km}^2$ , que indica capacidade média de geração de novos canais. O índice de sinuosidade do canal ( $I_s = 3,0 \text{ km. km}^{-1}$ ) indica que os canais de drenagem desta bacia são considerados sinuosos, sendo uma bacia de quarta ordem. A densidade de drenagem representa o grau de dissecação topográfica e expressa a quantidade de canais de escoamento disponíveis e a bacia do Itaim, apresenta densidade de drenagem ( $Dd = 1,63 \text{ km. km}^{-2}$ ) mediana, o que sugere, necessariamente, que existe um escoamento médio e de acordo com o coeficiente de manutenção, ( $C_m = 0,613$ ), para que esse escoamento seja mantido perene, são necessários  $0,613 \text{ m}^2$  de área lateral para manter cada  $\text{m}^2$  de canal.

Os valores do Tempo de concentração calculados a partir dos dados da Figura 3, encontram-se na Tabela 3. Dos 11 métodos estudados para cálculo do Tempo de Concentração ( $T_c$ ), adotou-se a equação de Kirpich como referência por ser ele um dos mais utilizados nos meios técnicos na região do vale do Paraíba e recomendada pelo DAEE (2005).

Na média para todos os métodos, verifica-se na Tabela 6 que o  $T_c$  aumenta à medida que aumenta a área da bacia. Contudo esse fato está mais relacionado, diretamente, ao aumento do comprimento do talvegue do curso d'água com o aumento da área e por outro lado, observa-se na bacia do Itaim, que com o aumento da área, ocorre a diminuição da declividade equivalente, e com isso o  $T_c$  aumenta.

A aplicação de vários  $T_c$ s para o cálculo de vazões de pico revelou situações que apontam tanto semelhanças quanto discrepâncias entre os  $T_c$ s.

Observou-se pela ordem que dos doze métodos utilizados neste estudo, os métodos Onda Cinemática e Bransby Willians, apresentaram resultados muito acima do obtido por meio da equação de Kirpich, em todas as bacias, enquanto todos os demais apresentaram valores abaixo.

**Tabela 3. Valores de Tempo de Concentração TC em min, das bacias a partir de cada método (Seq).**

	Bacia A	Bacia AB	Bacia AC	Bacia AD
Tempo de Concentração (min)				
<b>Kirpich</b>	20,56	114,56	201,13	344,64
<b>Dooge</b>	54,42	154,71	255,12	284,07
<b>Picking</b>	21,89	96,71	157,37	250,73
<b>Giandotti</b>	1,69	4,90	8,12	11,61
<b>Ven_te_Chow</b>	5,87	45,26	79,31	141,09
<b>Califórnia Culverts</b>	17,56	71,45	132,98	228,70
<b>Federal Aviation</b>	47,32	149,09	207,62	289,71
<b>Arnell</b>	12,07	38,45	60,34	90,48
<b>Bransby-Willians</b>	48,90	214,72	366,16	647,06
<b>Onda Cinemática</b>	149,84	571,37	885,94	1347,86
<b>Johnstone</b>	57,35	137,63	191,27	258,06
<b>Media</b>	39,77	145,35	231,40	354,00

As Equações de Dooge, Federal Aviation e Johnstone apresentam valores de  $T_c$ s maiores que o método de Kirpich para as bacias menores e mais declivosas (A e AB), com uma tendência de aproximação dos resultados de Kirpich para as bacias maiores e em que ocorrem redução da declividade, (AC e AD).



Em relação à variável declividade geralmente observa-se que quando se utiliza a declividade equivalente ocorre um aumento no resultado de Tc e conseqüentemente redução na vazão (Tabela 4).

**Tabela 4. Valores de Vazão (m<sup>3</sup>/s) calculados pelo método de I-PAI-WU com base no Tempo de Concentração e tamanho da bacia.**

	Bacia A	Bacia AB	Bacia AC	Bacia AD
	Vazão (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )			
<b>Kirpich</b>	61,40	103,61	177,22	121,85
<b>Dooge</b>	36,34	81,74	144,99	144,11
<b>Picking</b>	59,74	117,80	216,81	160,38
<b>Giandotti</b>	102,75	445,04	1084,11	1073,22
<b>Ven_te_Chow</b>	89,14	197,40	366,17	257,95
<b>Califórnia Culverts</b>	65,51	146,54	248,06	173,40
<b>Federal Aviation</b>	39,68	84,21	172,58	141,69
<b>Arnell</b>	74,73	217,28	442,14	362,73
<b>Bransby-Willians</b>	38,89	62,39	106,02	69,58
<b>Onda Cinemática</b>	17,33	26,55	48,01	35,63
<b>Johnstone</b>	35,12	89,76	184,78	156,49
<b>Media</b>	56,42	142,94	290,08	245,18
<b>Desvio</b>	8,82	-27,51	-38,91	-50,30

A Bacia “A” com área de 3,01 km<sup>2</sup> as vazões para os diferentes métodos apresentam uma média de 56,42 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>. Considerando o método de Kirpich que obteve 61,39 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> como padrão, os métodos que variaram menos foram pela ordem, Picking (59,74m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>), Califórnia (65,51m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>).

A Bacia “AB” com área de 17,36 km<sup>2</sup> as vazões para os diferentes métodos apresentam uma média de 142,94 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>. Considerando que o método de Kirpich obteve 103,61 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> como padrão, os métodos que variaram menos foram pela ordem, Picking (117,80m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>) e Johstone (89,76 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>).

A Bacia “AC” com área de 52,11 km<sup>2</sup> as vazões para os diferentes métodos apresentam uma média de 290,08 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>. Considerando que o método de Kirpich obteve 177,22 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> como padrão, os métodos que variaram menos foram pela ordem, Federal Aviation (172,58 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>) e Johstone (184,78 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>).

A Bacia “AD” com área de 57,34 km<sup>2</sup>, as vazões para os diferentes métodos apresentam uma média de 245,18 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>. Considerando que o método de Kirpich obteve 121,85 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> como padrão, os métodos que variaram menos foram pela ordem, Federal Aviation (141,69 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>) e Dooge (144,11 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>).

#### 4. CONCLUSÃO

O Cálculo de vazão de projeto em bacia hidrográfica depende do tempo de concentração da chuva, o qual pode ser calculado por diferentes metodologias.

Conforme e possível concluir do uso das equações para calcular Tempos de concentração neste estudo, os resultados indicam a maior parte das metodologias para determinação do tempo de concentração, se utiliza de parâmetros como comprimento (L) do talvegue do curso d’água e da declividade equivalente (S). E todas elas denotam a relação direta do comprimento (L) do

talvegue em relação ao tempo de concentração, enquanto a declividade equivalente (S) apresenta relação inversa.

## 5. REFERÊNCIAS

- CORRÊA, R. C. Avaliação das atividades antrópicas sobre a bacia hidrográfica do Ribeirão Itaim, Taubaté, São Paulo. Taubaté, 2001. 109p.il. Dissertação de mestrado, Universidade de Taubaté, UNITAU, Taubaté-SP, dez/2001. p. 50-53.
- DAEE -, Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas. Departamento de águas e energia elétrica do Estado de São Paulo (DAEE). 2006. 96p. Disponível em: <http://www.dae.sp.gov.br/site/guiapraticootorgas/> acessado em: dez 2021.
- FISCH, G. Caracterização climática e balanço hídrico de Taubaté, São Paulo. Revista Biociências, Taubaté, 1995, v.1, n.1, p.81-90.
- LOBATO A. A; TARGA M. S. Levantamento do estado de conservação da água na bacia hidrográfica do Ribeirão Itaim, Taubaté, SP. Revista Biociências, Taubaté, v. 10, n. 1-2, p. 7-14, jan./jun. 2004.
- MARTINEZ JUNIOR, F. & MAGNI, N.L.G. Equações de chuvas intensas do Estado de São Paulo. Convenio DAEE-USP. Sao Paulo DAEE/CTH, 1999. 141p.
- SÃO PAULO (estado). Relatório Técnico Preliminar Zoneamento Ambiental da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – MANTIQUEIRA (UGRHI 01). São Paulo. 143p.
- SENTELHAS, et al.; (2003) Balanço Hídrico de Taubaté. In: Banco de Dados climáticos do Brasil. Embrapa monitoramento por Satélite e ESALQ-USP. Disponível em: <https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/bdclima/balanco/resultados/sp/486/balanco.html> Consultado em Dez de 2022.
- SILVEIRA, A. L. L. Desempenho de Fórmulas de Tempo de Concentração em Bacias Urbanas e Rurais. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 10 n.1 Jan/Mar 2005, 5-23.
- TARGA, M. S.; Gonçalves, M. C.; CATELANI, C. S.; DIAS, N. W. Human occupation and land use process in the Itaim basin, Taubaté, Brazil. Revista Ambiente e Agua, v. 14, p. 1, 2019.