

APLICAÇÃO DE DIFERENTES FÓRMULAS DE TEMPO DE CONCENTRAÇÃO PARA UMA BACIA HIDROGRÁFICA URBANA

Matheus Silveira de Queiroz – Universidade Federal do Amazonas - UFAM – Manaus – Amazonas – Brasil
matheussilveiradequeiroz@gmail.com

Neliane de Sousa Alves – Universidade do Estado do Amazonas - UEA – Manaus – Amazonas – Brasil
nsalves@uea.edu.br

RESUMO

O tempo de concentração é o tempo que a água percorre do ponto mais distante da bacia até o ponto considerado. Existem diversas fórmulas de tempo de concentração resultado de trabalhos laboratoriais e de campo, havendo grande dispersão nos resultados. Portanto, o objetivo deste trabalho é analisar a efetividade de diferentes fórmulas de tempo de concentração para uma bacia hidrográfica urbana. Para isto, foi calculado o tempo de concentração em nove fórmulas (Método Cinemático, Carter, Picking, Giandotti, Kirpich, Kirpich_DER, David, US Corps Engineers, Johnstone), aplicadas para a bacia hidrográfica do Mindu, Manaus, Amazonas, que possui uma área de 66 km² e está localizada 100% na área urbana da cidade. A eficácia das fórmulas foi validada de acordo com a velocidade média de fluxo da bacia. A fórmula mais indicada foi a do Método Cinemático, conforme indicava a literatura especializada. As fórmulas de Carter, Giandotti, Picking são efetivas para a bacia do Mindu por não apresentarem uma margem de erro alta. Enquanto as fórmulas de Kirpich, Kirpich_DER, David, US Corps Engineers, Johnstone apresentaram uma margem de erro maior, não sendo indicadas para a bacia.

Palavras-Chave: Bacia em Área Urbana; Manaus; Bacia do Mindu; Processos Hidrológicos.

APPLICATION OF DIFFERENT CONCENTRATION TIME FORMULAS FOR AN URBAN WATERSHED

ABSTRACT

The time of concentration is the time that the water travels from the most distant point of the basin to the point considered. There are several formulas of time of concentration resulting from laboratory and fieldwork, and there is dispersion in the results from formula to formula. The objective of this paper is to analyze the effectiveness of different time of concentration formulas for an urban watershed. For this, the concentration time was calculated in nine formulas (Kinematic Method, Carter, Picking, Giandotti, Kirpich, Kirpich_DER, David, US Corps Engineers, Johnstone), applied to the Mindu Basin, Manaus, Amazonas, which has a 66 km² and is 100% located in the urban area of the city. The effectiveness of the formulas was valid according to the mean flow velocity of the basin. The most suitable formula was that of the Kinematic Method, as indicated by the specialized literature. The Carter, Giandotti, Picking formulas are effective for the Mindu basin because they do not have a larger margin of error. While the formulas of Kirpich, Kirpich_DER, David, US Corps Engineers, Johnstone showed a larger margin of error, not being indicated for the basin.

Keywords: Urban Area Basin; Manaus; Mindu Basin; Hydrological Processes.

INTRODUÇÃO

O tempo de concentração (T_c) de uma bacia hidrográfica é o tempo que a água demora a percorrer a distância entre o ponto mais distante até o ponto considerado na bacia (CHOW *et al.*, 1988; TOMAZ, 2002). Esta variável hidrológica surge da hipótese que uma bacia hidrográfica responde como um sistema linear para o escoamento superficial direto. Considera-se, portanto, que toda a bacia esteja contribuindo com a seção de saída (SILVEIRA, 2005).

O tempo que a água demora a percorrer os limites topográficos de uma bacia hidrográfica é um importante fator para análises hidrológicas (WONG, 2001, 2009; MCCUEN *et al.*, 1984), sendo que o tempo de concentração tenta relacionar o efeito das precipitações em uma bacia hidrográfica (SINGH, 1976; WONG, 2005; MOTA, 2016; SHARIFI; HOSSEINI, 2011), considerando que a precipitação é um importante fator para a atuação dos processos fluviais em um canal fluvial (STEVAUX; LATRUBESSE, 2017).

Este trabalho tem como foco uma bacia hidrográfica urbana, que possui uma dinâmica hidrogeomorfológica diferenciada em comparação a uma bacia natural. A urbanização terá como efeito, dentre outros, o aumento do escoamento superficial, decorrentes das transformações estruturais na morfologia dos canais, retirada da cobertura vegetal e impermeabilização do solo, dessa forma o tempo de concentração da água na bacia será menor, aumentando a repetição dos episódios de inundação, resultando no adiantamento da vazão de pico na bacia (YOSGIMOTO; SUETSUGI, 1990; BOTELHO, 2011; RODRIGUES; MOROZ-CACCIA GOUVEIA, 2013).

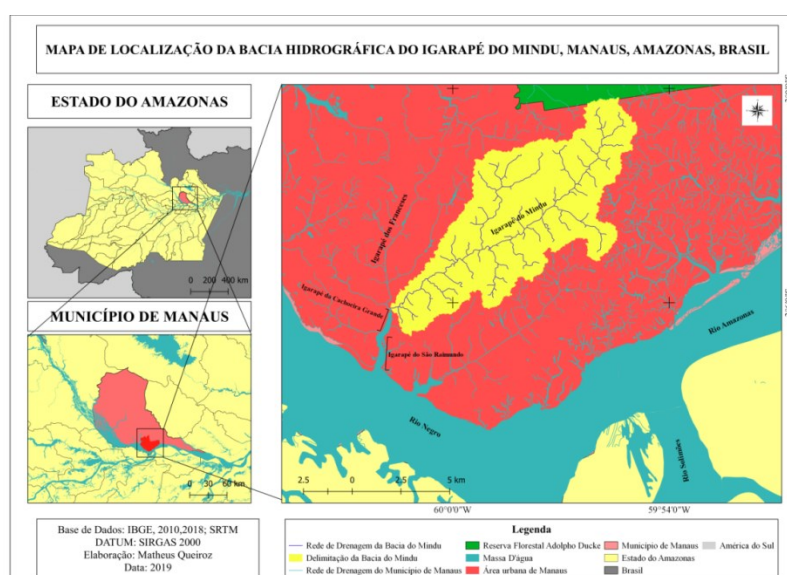
Porto *et al.* (2001) afirmam que existe uma grande quantidade de fórmulas de tempo de concentração, sendo origem de trabalhos laboratoriais e de campo. Como cada fórmula foi desenvolvida em bacias com características próprias a dispersão dos resultados pode ser grande. Diversas metodologias tem buscado testar a fórmula de tempo de concentração mais eficiente para determinada região, considerando características próprias e aplicações teóricas (SCHAAKE *et al.*, 1967; DESBORDES, 1975; MOPU, 1987; SILVEIRA, 2005; FANG *et al.*, 2008; SHAFIRI; ROSSINI, 2011). Portanto, o objetivo deste trabalho é analisar a efetividade de diferentes fórmulas de tempo de concentração para uma bacia hidrográfica urbana.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

A bacia hidrográfica do Mindu (Figura 1) é uma sub-bacia da bacia hidrográfica do São Raimundo e está localizada na cidade de Manaus, cidade com uma população estimada em 2.145.444 habitantes (IBGE, 2019). A bacia drena a cidade de Manaus na direção NE-SW, possui uma área de 66 km² e um perímetro de aproximadamente 44 km, o rio principal (igarapé do Mindu) possui uma extensão de 18,2 km.

Figura 1: Localização da Bacia Hidrográfica do Mindu, Manaus.



Elaboração: Os autores (2020).

A bacia hidrográfica do Mindu está localizada na área urbana de Manaus, englobando 16 dos bairros mais populosos da cidade: Jorge Teixeira, Cidade de Deus, Tancredo Neves, Gilberto Mestrinho, São José Operário, Cidade Nova, Coroadó, Aleixo, Novo Aleixo, Flores, Parque 10 de Novembro, Adrianópolis, Nossa Senhora das Graças, Chapada, São Geraldo, São Jorge (QUEIROZ, 2019).

As únicas áreas preservadas na bacia correspondem a dois parques municipais e um corredor ecológico: o Parque Municipal do Mindu, Unidade de Conservação – UC de Proteção Integral, instituída pela Lei nº 219 de 11 de novembro de 1993 (MANAUS, 1993); o Parque Municipal Nascentes do Mindu, também uma UC de Proteção Integral, instituída pelo Decreto nº 8.351 de 17 de março de 2006, que tem como objetivo proteger as nascentes

do igarapé (MANAUS, 2006a); e o Corredor Ecológico do Mindu, instituído pelo Decreto nº 8.352 de 17 de março de 2006 (MANAUS, 2006b).

Queiroz (2019) analisando o uso e ocupação do solo na bacia afirma que o percentual de área urbana (solo impermeabilizado) é de 59% e a área com vegetação (primária ou secundária) corresponde a 41%. As áreas vegetadas estão principalmente nos parques municipais e no corredor ecológico, no médio curso do igarapé do Mindu. O alto curso do igarapé da Goiabinha, maior afluente do igarapé do Mindu, também possui áreas com vegetação preservada.

Fórmulas Analisadas

Neste trabalho, utilizaram-se nove fórmulas de T_c (Método Cinemático, Carter, Picking, Giandotti, Kirpich, Kirpich_DER, David, US Corps Engineers, Johnstone) (Quadro 1). As fórmulas testadas variam entre fórmulas propostas para áreas rurais e urbanas, buscando maior abrangência nos dados obtidos.

Quadro 1: Fórmulas de Tempo de Concentração Calculadas.

Tempo de Concentração	Fórmula	Fonte
Método Cinemático	(1) $T_c = \frac{1000}{60} \sum \frac{L}{v_m}$	Porto <i>et al.</i> (2001)
Carter	(2) $T_c = 0,0977L^{0,6}S^{-0,3}$	Silveira (2005)
Picking	(3) $T_c = 5,3 \left(\frac{L^2}{S}\right)^{\frac{1}{8}}$	Pinto <i>et al.</i> (1976)
Giandotti	(4) $T_c = \frac{4\sqrt{A_d} + 1,5L}{0,8\sqrt{H}}$	Brasil (2005)
Kirpich	(5) $T_c = 0,95 \left(\frac{L^2}{H}\right)^{0,385}$	Brasil (2005)
Kirpich_DER	(6) $T_c = 1,42 \left(\frac{L^2}{H}\right)^{0,385}$	Brasil (2005)
David	(7) $T_c = \frac{0,000324 \cdot L^{1,45}}{H^{0,58}}$	David (1976)
US corps Engineers	(8) $T_c = 0,191L^{0,76}S^{-0,19}$	Silveira (2005) Linsley <i>et al.</i> (1967)
Johnstone	(9) $T_c = 0,462L^{0,5}S^{-0,25}$	Silveira (2005)

Legenda:

T_c = Tempo de Concentração

L = Comprimento do Talvegue (km)

V_m = Velocidade média em cada trecho considerado ($m s^{-1}$)

S = Declividade média do canal ($m m^{-1}$)

A = Área da Bacia

H = Desnível Máximo (m) (No caso da fórmula de David o H é referente à diferença de cotas topográficas em metros).

Elaboração: Os autores (2020).

Porto *et al.* (2001) afirmam que do ponto de vista conceitual a fórmula do Método Cinemático é a mais indicada, pois permite levar em consideração características específicas da bacia analisada. A fórmula baseia-se no fato de que o tempo de concentração é o somatório da velocidade em diversos trechos no canal avaliado pelo comprimento de cada trecho.

Para o cálculo da fórmula do método cinemático utilizou-se os dados de velocidade média obtida por Queiroz (2019) (Tabela 1). O autor calculou utilizando o método do flutuador em 15 pontos de análise. Partindo da foz (ponto 1) em sentido montante.

Tabela 1: Dados de Velocidade Média do Igarapé do Mindu.

Ponto de Análise	Velocidade Média ($m s^{-1}$)
1	0,08
2	0,09
3	1,8
4	0,8
5	2,4
6	0,9
7	0,7
8	0,8
9	1,0
10	1,8
11	2,1
12	1,5
13	0,6
14	0,7
15	0,4
Média	1,0

Fonte: Adaptado de Queiroz (2019).

A fórmula de Carter foi desenvolvida inicialmente para bacias urbanas. Silveira (2005) afirma que a fórmula de Carter apresenta resultados satisfatórios, em comparação à outras do mesmo tipo. A fórmula de Picking foi desenvolvida, inicialmente, para bacias hidrográficas em áreas rurais, porém, como afirma Silveira (2005), a fórmula apresentou bom desempenho para áreas urbanas.

A fórmula do US Corps Engineers foi proposta inicialmente para áreas rurais e foi modificada por MOPU (1987) que simplificou a fórmula ao substituir o comprimento do rio principal até próximo do centro de gravidade (L_c) da bacia pelo equivalente à metade do comprimento total desse rio (L), portanto a fórmula fica dependente do comprimento do talvegue e da declividade longitudinal (SILVEIRA, 2005). A fórmula de Johnstone foi desenvolvida para áreas rurais com área entre 39-11.162 km² (SILVEIRA, 2005).

Segundo Silveira (2005) a maioria das fórmulas de T_e não convencionam fórmulas para o cálculo da declividade média. Portanto, neste trabalho, utilizou-se a fórmula proposta em Villela e Matos (1975). Esse é o método mais efetivo de calcular a declividade, pois considera diversos trechos ao longo do perfil longitudinal.

(10)

$$S = \left(\frac{\sum L_j}{\sum \left(\frac{L_j}{\sqrt{D_j}} \right)} \right)^2$$

Onde:

S = É a declividade média (m m⁻¹). L_j = É a distância em cada trecho considerado em metros. D_j = É a declividade em cada trecho considerado (m m⁻¹).

A fórmula de Giandotti foi desenvolvida inicialmente para bacias hidrográficas em áreas rurais com área entre 6-11.162 km² (SILVEIRA, 2005). Porém, Durant *et al.* (2007) em análise de uma bacia hidrográfica parcialmente urbanizada afirmam que a fórmula de Giandotti foi a mais indicada, pois possui um erro médio de 10%, menor que as outras fórmulas testadas pelos autores.

Porto *et al.* (2001) afirma que a fórmula de Kirpich foi inicialmente idealizada para pequenas bacias rurais com canais de alta declividade e fornece bons resultados nessas condições. Porém, Silveira (2005) afirma que a fórmula pode ser usada também em bacias

urbanas com resultados satisfatórios. Brasil (2005) modificou a fórmula de Kirpich original, de forma que a aplicação possa ser usada para grandes faixas de áreas. A fórmula de David está incluída em uma metodologia para o cálculo do caudal de ponta de cheia em bacias hidrográficas com áreas de até 25 km² (DAVID, 1976).

Tendo em vista as discrepâncias entre as diversas fórmulas de tempo de concentração, Porto *et al.* (2001) sugerem que se calcule a velocidade média para comparar com a velocidade média real e analisar a efetividade das fórmula de tempo de concentração. Para isto, utilizou-se a Fórmula 11:

(11)

$$V_m = \frac{L}{T_c}$$

Onde: V_m é a velocidade média em m s⁻¹. L é o comprimento do talvegue em metros. T_c é o tempo de concentração em minutos. Para ajuste de equação o valor do T_c foi multiplicado por 60. Os valores foram comparados com a velocidade calculada por Queiroz (2019).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da aplicação das formulas de tempo de concentração na bacia para o Método Cinemático, Carter, Picking, Giandotti, Kirpich, Kirpich_DER, David, US Corps Engineers e Johnstone estão apresentados na tabela 2. Os resultados estão arredondados a uma casa decimal.

Tabela 2: Resultados das fórmulas de tempo de concentração.

Fórmula	Resultado (Horas)
Método Cinemático	5
Carter	4,5
Picking	5,9
Giandotti	5,5
Kirpich	8,6
Kirpich_DER	6,7
David	10,7
US Corps Engineers	6,3
Johnstone	10,8
Média	7,1
Desvio Padrão	2,4
Coefficiente de Variação	33%

Elaboração: Os autores (2020).

A fórmula do Método Cinemático apresentou o resultado de 5 horas. Segundo Queiroz *et al.* (2020) a velocidade média do igarapé do Mindu aumenta exponencialmente com a precipitação local na bacia. Queiroz (2019) afirma que o aumento da velocidade na foz da bacia (ponto 1) durante precipitações foi de 2525% (o valor passou de $0,08 \text{ m s}^{-1}$ para $2,1 \text{ m s}^{-1}$), ou seja, o tempo de concentração é menor durante as precipitações, o cálculo do método cinemático utilizou dados de velocidade média em condições normais (sem precipitação), portanto o valor obtido é indicado apenas para estas condições.

Segundo Queiroz (2019) os meses com os maiores índices de precipitação na bacia hidrográfica do Mindu são Dezembro, Janeiro, Fevereiro, Março, Abril e Maio, correspondendo ao período chuvoso e os meses com os menores índices são Julho, Agosto, Setembro, Outubro e Novembro, correspondendo ao período da seca.

Outros fatores que influem na velocidade superficial de fluxo na bacia são a atividade antrópica, neotectônica, características das vertentes e o barramento hidráulico pelo rio Negro ao qual a bacia está submetida (QUEIROZ, 2019; QUEIROZ, 2020; QUEIROZ; ALVES, 2020). Segundo Queiroz (2019) apenas nas áreas dos parques municipais e corredor ecológico o igarapé do Mindu não sofreu alterações estruturais, destacando os processos de dragagem e retificações nas demais áreas. A dragagem, conforme observado pelo autor, não é eficiente para dar fluxo à vazão tendo o efeito de barrar e diminuir a velocidade do fluxo, este processo ocorre no alto curso e as retificações aumentam a velocidade de fluxo local diminuindo o tempo de concentração.

A neotectônica (presença de *Knickpoint*) influi na declividade local e na velocidade de fluxo. O ponto 5, onde está localizado o *knickpoint* no igarapé, apresentou a maior velocidade média registrada pelo autor. O barramento hidráulico pelo rio Negro influencia nos 4 primeiros pontos, diminuindo a velocidade média (QUEIROZ, 2019). Todos os fatores citados colaboram para indicar que o tempo de concentração na bacia pelo método cinemático não é homogêneo e que as características físicas e estruturais influem no tempo que a água percorre na bacia.

Observa-se que a fórmula que obteve o menor valor de Tempo de Concentração foi a de Carter (4,5 horas) que utiliza como parâmetro principal a declividade longitudinal ($0,001 \text{ m m}^{-1}$). A fórmula que obteve o maior Tempo de Concentração foi a de Johnstone (10,8 horas). A média do Tempo de Concentração foi de 7,1 horas, os dados de desvio padrão e coeficiente de variação indicam dados heterogêneos e uma alta variabilidade. Para comparar

as fórmulas de Tempo de Concentração e verificar qual melhor se aplica para o caso da bacia hidrográfica do Mindu, calculou-se a velocidade média de escoamento superficial da bacia (Tabela 3).

Tabela 3: Velocidade média para a bacia hidrográfica do Mindu.

Fórmula	Velocidade Média (m s⁻¹)
Método Cinemático	1,0
Carter	1,1
Picking	0,9
Giandotti	0,9
Kirpich	0,6
Kirpich_DER	0,8
David	0,5
US Corps Engineers	0,8
Johnstone	0,5
Média	0,8
Desvio Padrão	0,2
Coefficiente de Variação	27%

Elaboração: Os autores (2020).

A fórmula do Método Cinemático resultou em uma velocidade média de 1,0 m/s, indicando que, conforme apontava a literatura especializada, é a fórmula mais indicada para a bacia. Nas demais fórmulas obtiveram-se valores diferentes da velocidade média calculada por Queiroz (2019), porém como as fórmulas não utilizam parâmetros hidrológicos característicos da bacia definiu-se uma margem de erro de 0,1 m s⁻¹ para atestar sua efetividade.

A fórmula de Carter apresentou 1,1 m s⁻¹ e as de Picking e Giandotti apresentaram 0,9 m s⁻¹. Sendo estas fórmulas efetivas para a bacia hidrográfica do Mindu devido à baixa margem de erro. Confirma-se aqui dos dados de Silveira (2005) e Durant *et al.* (2007) e que afirmam que as fórmulas de Carter, Picking e Giandotti são efetivas para bacias em áreas urbanas.

As fórmulas de Kirpich, Kirpich_DER, David, US Corps Engineers, Johnstone (0,6 m s⁻¹, 0,8 m s⁻¹, 0,5 m s⁻¹, 0,8 m s⁻¹, 0,5 m s⁻¹, respectivamente) por apresentarem uma margem de erro maior que 0,1 m/s não são indicadas para a bacia do Mindu. A fórmula de Kirpich_DER modificada por Brasil (2005) apresentou resultados melhores que a fórmula original, porém ainda com uma margem de erro de 0,2 m s⁻¹. A velocidade média calculada a partir das fórmulas de Tempo de concentração foi de 0,8 m s⁻¹ com desvio padrão de 2,2 e

coeficiente de variação de 27%, indicando que os dados são relativamente homogêneos com uma variabilidade intermediária.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É importante conhecer todas as características hidrológicas, geomorfológicas, climáticas e antrópicas da bacia para subsidiar projetos de engenharia e gestão, pois o tempo de concentração é influenciado por diversos fatores, portanto neste trabalho, confirma-se que a fórmula do Método Cinemático é a mais indicada por considerar características próprias da bacia analisada. Porém, como nem sempre o pesquisador/gestor público possui subsídios necessários para a utilização do Método Cinemático indicam-se as fórmulas de Carter, Picking e Giandotti para bacias urbanas com características semelhantes à bacia hidrográfica do Mindu.

REFERÊNCIAS

- BOTELHO, R.G.M. Bacias Hidrográficas Urbanas. In: **Geomorfologia Urbana**. GUERRA, A.J.T. (Org.). Rio de Janeiro: BERTRAND BRASIL, 2011.
- BRASIL. **Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem**. Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte – DNIT. 2º edição, Rio de Janeiro, 2005.
- CHOW, V.T.; MAIDMENT, D.R.; MAYS, L.W. **Applied hydrology**. New York, Mc Graw-Hill, 1988. 572p.
- DAVID, J. **Determinação de Caudais de Ponta de Cheia em Pequenas Bacias Hidrográficas**. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1976.
- DESBORDES, M. **Réflexions sur les methodes de calcul des reseaux urbains d'assainissement pluvial**. Thèse Docteur-Ingénieur, Université des Sciences e Techniques du Languedoc, Montpellier, França, 224, 1974.
- DURANT, P.C.; SILVEIRA, L.B.P.; CARVALHO, H.P.; MARTINS, L.C.; MENDES, N.G.; MENDES, L.S.; ATARASSI, R.T. Tempo De Concentração Em Uma Bacia Hidrográfica Experimental Parcialmente Urbanizada. In: **Anais do Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos –SBRH**, Santa Catarina, 2007.
- FANG, X.; THOMPSON, D. B.; CLEVELAND, T. G.; PRADHAN, P.; MALLA, R. Time of concentration estimated using watershed parameters determined by automated and manual methods. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, 134 (2), p. 202–211, 2008.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: Junho de 2019.

LINSLEY, R. K., KOHLER, M. A, PAULHUS, J. L. H. **Hidrologia para Ingenieros**. Ediciones del Castillo, Madrid, 1967.

MANAUS. **Decreto Nº 8.351 17 de março de 2006**. Cria o parque Municipal Nascentes do Mindu. 2006a. Disponível em: <http://semmas.manaus.am.gov.br/wp-content/uploads/2010/10/Decreto-8.351-de17-de-mar%C3%A7o-de-2006.pdf>. Acesso em: Julho de 2019

MANAUS. **Decreto Nº 8.352 de 17 março de 2006**. Regulamenta dispositivos do plano diretor urbano e ambiental de Manaus referente à Criação de Corredores Ecológicos. 2006b. Disponível em: <http://semmas.manaus.am.gov.br/wp-content/uploads/2010/10/Decreto-8.351-de17-de-mar%C3%A7o-de-2006.pdf>. Acesso em: Julho de 2019.

MANAUS. **LEI Nº 219, DE 11 DE NOVEMBRO DE 1993**. Institui o Conselho Municipal do Meio Ambiente, o Fundo Municipal para o Desenvolvimento e meio Ambiente, o Jardim Botânico de Manaus, as Reservas Ecológicas do Mindu e Tarumã. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a1/am/m/manaus/lei-ordinaria/1993/21/219/lei-ordinaria-n-219-1993-institui-o-conselho-municipal-do-meio-ambiente-o-fundo-municipal-para-o-desenvolvimento-e-meio-ambiente-o-jardim-botanico-de-manaus-as-reservas-ecologicas-do-mindu-e-taruma-e-da-outras-providencias>. Acesso em: Julho de 2019.

MCCUEN, R.H.; WONG, S.L.; RAWLS, W.J. Estimating urban time of concentration. **Journal of Hydraulic Engineering**, v.110, n.7, p. 887-904, 1984.

MOPU, T. C. **Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales**. Textos de la Dirección General de Carreteras, n 12, Espanha, 1987.

MOTA, A.A. **Tempo de concentração em pequena bacia experimental**. Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2012.

PINTO, N. S.; HOLTZ, A.C.T.; MARTINS, J. A.; GOMIDE, F. L.S. **Hidrologia Básica**. São Paulo: Edgar Blücher, 1976, 278p.

PORTO,R.L; ZAHED FILHO, K.; TUCCI, C.E.M; BIDONE, F. DRENAGEM URBANA. In: TUCCI, C.E.M (Org.). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2 edição, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 805-848, 2001.

QUEIROZ, M.S. **Caracterização Hidrogeomorfológica da Bacia Hidrográfica do Mindu Manaus – Amazonas**. Trabalho de Conclusão de Curso (Universidade do Estado do Amazonas – UEA) Manaus, 2019, 185p.

QUEIROZ, M. S.; BATISTA, S. P. M.; TOMAZ NETO, A. G.; ALVES, N.S. Expedição Mindu: Análise Geográfica do Igarapé do Mindu. In: ALBUQUERQUE, C.C; BATISTA, I.H. (Orgs.). **Workshop Internacional Sobre Planejamento e Desenvolvimento Sustentável em Bacias Hidrográficas**. 1ed.Boa Vista: Editora da UFRR, , v. 1, p. 922-930, 2020.

QUEIROZ, M.S. Evidências de Neotectônica na Bacia Hidrográfica do Mindu - Manaus – Amazonas. **Revista Tocantinense de Geografia**, v. 9, n. 18, p. 130-142, 2020.

QUEIROZ, M.S; ALVES, N.S. Análise Geomorfométrica da Bacia Hidrográfica do Mindu – Manaus – Amazonas. **Geopauta**, v. 4, n. 2, p. 109-123, 2020.

RODRIGUES, C. MOROZ-CACCIA GOUVEIA, I.C. Importância do fator antrópico na redefinição de processos geomorfológicos e riscos associados em áreas urbanizadas do meio trópico úmido. Exemplos na Grande São Paulo. In: GUERRA, A.J.T; JORGE, M.C.O. **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. Oficina dos Textos: Rio de Janeiro, 2013.

SCHAAKE, J. C., GEYER, J. C., KNAPP, J. W. Experimental examination of the rational method. **Journal of Hydraulics Division**, ASCE, vol. 93, No. HY6, p. 353-370, 1967.

SHARIFI, S.; HOSSEINI, S.M. Methodology for Identifying the Best Equations for Estimating the Time of Concentration of Watersheds in a Particular Region. **Journal Of Irrigation And Drainage Engineering**, 2011.

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, pp. 05-23, 2005.

SINGH, V.P. Derivation of time of concentration. **J. Hydrol.**, v.30, n.1- 2, p. 147-165, 1976.

STEVANUX, J.C; LATRUBESSE, M. E. **Geomorfologia Fluvial**. Oficina de Textos: São Paulo: 2017.

TOMAZ, P. **Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais**. Universidade de São Paulo – USP, 2002.

VILLELA, S. M; MATOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245 p.

WONG, T. S. W. Formulas for time of travel in channel with upstream inflow. **Journal of Hydrologic Engineering** 6 (5), p. 416–422, 2001.

WONG, T. S.W. Evolution of kinematic wave time of concentration formulas for overland flow. **Journal of Hydrologic Engineering** 14 (7), p. 739-744, 2009.

WONG, T.S.W. Assessment of Time of Concentration Formulas for Overland Flow. **J. Irrig. Drain. Eng.**, v.131, n.4, p. 383-387, 2005.

YOSHIMOTO, T; SUETSUGI, T. Comprehensive Flood Disaster Prevention Measures in Japan. **Hydrological Processes and Water Management in Urban Areas** (Proceedings of the Duisberg Symposium). IAHS Publ. no. 198, 1990.

Matheus Silveira de Queiroz - Graduado em Geografia pela Universidade do Estado do Amazonas/Escola Normal Superior/ENS. Mestrado em Geografia em andamento pela Universidade Federal do Amazonas - UFAM. Desenvolve trabalhos na área de Geomorfologia e Sensoriamento Remoto com ênfase nos seguintes temas: Sistemas Fluviais Amazônicos (megarivers), Sistemas Fluviais em Áreas urbanas, Morfotectônica (com ênfase na Neotectônica da região Amazônica), Erosão Fluvial, Movimento de Massa.

Neliane de Sousa Alves – Bacharel em Geologia pela Universidade Federal do Amazonas (1987), Mestre em Geologia e Recursos Minerais pela Universidade Federal de Minas Gerais (1992) e Doutora em Geografia (Geografia Física) pela Universidade de São Paulo - USP (2013). Atualmente é Professor Adjunto da Universidade do Estado do Amazonas - UEA. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Geografia Física, atuando principalmente nos seguintes temas: Geomorfologia Fluvial, Riscos Naturais e Antropogênicos, Geologia e Impactos Ambientais.

Recebido para publicação em 02 de junho de 2020.

Aceito para publicação em 25 de julho de 2020.

Publicado em 27 de julho de 2020.