INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS

CAMPUS PALMAS

CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL

GEOVANA ARANTES ARAÚJO

PROPOSIÇÃO DE CURVA-CHAVE PARA MEDIÇÃO DE VAZÃO DO BAIXO CURSO DO CÓRREGO BREJO COMPRIDO, MUNICÍPIO DE PALMAS – TO

PALMAS – TO

2022

GEOVANA ARANTES ARAÚJO

PROPOSIÇÃO DE CURVA-CHAVE PARA MEDIÇÃO DE VAZÃO DO BAIXO CURSO DO CÓRREGO BREJO COMPRIDO, MUNICÍPIO DE PALMAS – TO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel do Curso Superior de Engenharia Civil do Instituto Federal do Tocantins, Campus Palmas.

Orientadora: Profa. Dra. Cláudia da Silva A. Rezende

PALMAS – TO

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

A658p Araújo, Geovana Arantes

Proposição de curva-chave para medição de vazão do baixo curso do córrego Brejo Comprido, município de Palmas – TO / Geovana Arantes Araújo. – Palmas, TO, 2022.

54 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus Palmas, Palmas, TO, 2022.

Orientadora: Dra. Cláudia da Silva A. Rezende

1. Vazão. 2. Curva-Chave. 3. Bacia Hidrográfica. I. Rezende, Cláudia da Silva A.. II. Título.

CDD 624

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automatica de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

FOLHA DE APROVAÇÃO

GEOVANA ARANTES ARAÚJO

PROPOSIÇÃO DE CURVA-CHAVE PARA MEDIÇÃO DE VAZÃO DO BAIXO CURSO DO CÓRREGO BREJO COMPRIDO, MUNICÍPIO DE PALMAS – TO

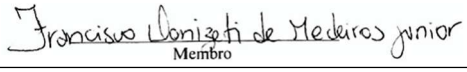
Trabalho de conclusão de curso apresentado à Coordenação do curso de Engenharia Civil Instituto Federal do Tocantins - Campus Palmas, como exigência à obtenção do grau em Engenheiro (a) Civil.

Aprovado em:____/___/_____

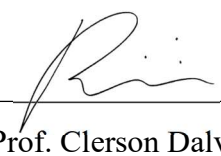
BANCA AVALIADORA

Prof. Dra. Cláudia da Silva A. Rezende

Orientador (a)



Me. Prof. Francisco Donizeti de Medeiros Júnior



Me. Prof. Clerson Dalvani Reis

Aos meus pais que estiveram comigo em toda a trajetória e que sempre me apoiaram na realização deste sonho.

Tanto para a pesquisa como para o aproveitamento de recursos hídricos, tencionando a aplicação social e financeira, a importância da hidrometria é evidente, garantindo a qualidade e objetividade das análises. Uma vez ligada às medidas das variáveis hidrológicas, como, níveis de água, vazões e variações no tempo e espaço.

SANTOS (2001)

RESUMO

ARAÚJO, Geovana A. **Proposição de curva-chave para medição de vazão do baixo curso do córrego Brejo Comprido, Município de Palmas- TO**. 54 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Engenharia Civil – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins. Palmas, 2022.

O estudo e o desenvolvimento de métodos de monitoramento de vazões ajudam na melhoria de planos de avanço sustentáveis, controles de cheias, indícios dos processos de assoreamento de canais, dimensionamento de reservatórios, de barragens e PCHs, liberação de outorgas e também na solução de conflitos hídricos. Neste contexto, a elaboração da curva-chave, do córrego Brejo Comprido, vem para auxiliar no fornecimento da estimativa do comportamento das determinadas vazões, a fim de subsidiar a gestão dos recursos hídricos. O córrego está situado no estado do Tocantins, na cidade de Palmas, na bacia hidrográfica Brejo Comprido no qual tem dois terços de sua composição inserida em área urbana, sofrendo assim impactos que modificam seu curso e sua seção fluviométrica. Por meio dos resultados, notou-se que a microbacia é de formato alongado, tendo baixa predisposição a cheias, observando também que as metodologias utilizadas para ajuste foram satisfatórias, com o R^2 (coeficiente de determinação) resultando em 0,9805. A pesquisa mostrou também a necessidade de realizar mais medições para ampliar o quadro de resultados e aperfeiçoar a equação formada.

Palavras-chaves: Vazão; Curva-Chave e Bacia hidrográfica.

ABSTRACT

The study and development of flow monitoring methods help to improve sustainable advancement plans, flood controls, evidence of channel silting processes, dimensioning of reservoirs, dams and PCHs, release of grants and also in the resolution of water conflicts. In this context, the elaboration of the curve-key, of the Brejo Comprido stream, comes to help in providing the estimate of the flow behavior, in order to subsidize the management of water resources. The stream is located in the state of Tocantins, in the city of Palmas, in the hydrographic basin Brejo Comprido, in which two thirds of its composition is located in an urban area, thus suffering impacts that modify its course and fluviometric section. Through the results, it was noted that the microbasin has an elongated shape, with low predisposition to floods, also observing that the methodologies used for adjustment were satisfactory, with the R^2 (determination coefficient) resulting in 0.9805. The research also showed the need to carry out more measurements to expand the results framework and improve the equation formed.

Keywords: Flow rate; Curve-Key and Hydrographic basin.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Bacia Hidrográfica..... 15
Figura 2: Esquema do ciclo hidrológico..... 20
Figura 3: Representação ilustrativa de vazão em um rio..... 23
Figura 4: Modelo acústico – usado para as medições no córrego Brejo comprido 26
Figura 5: Modelo acústico – Representação..... 27
Figura 6: Município de Palmas – TO, localização da microbacia do córrego Brejo Comprido 35
Figura 7: Nascente e Ponto de Medição de vazão para cálculo de curva-chave 36
Figura 8: Percurso do córrego Brejo Comprido na cidade de Palmas – TO 36
Figura 9 (A), (B), (C): Medição de Vazão no córrego Brejo Comprido, Palmas- TO 39
Figura 10: Gráfico de Descarga (%) x Pontos - Medição 1 43
Figura 11: Gráfico de Descarga (%) x Pontos - Medição 2 43
Figura 12: Gráfico de Descarga (%) x Pontos - Medição 3 43
Figura 13: Gráfico de Descarga (%) x Pontos - Medição 4 43
Figura 14: Curva-chave do Ponto de medição do córrego Brejo Comprido 45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Caracterização do córrego Brejo Comprido 38
Tabela 2: Cota Auxiliar x Vazão 40
Tabela 3: Dados fornecidos pelo FlowTracker, nas medições do córrego Brejo Comprido 42
Tabela 4: Valores da velocidade média, vazão e cota máxima 44

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Resultados mensurados da medição 1 41
Quadro 2: Resultados mensurados da medição 2 41
Quadro 3: Resultados mensurados da medição 3 42
Quadro 4: Resultados mensurados da medição 4 42

SUMÁRIO

1	**INTRODUÇÃO**	**12**
2	**PROBLEMA DE PESQUISA**	**13**
3	**JUSTIFICATIVA**	**13**
4	**OBJETIVOS**	**14**
4.1	**Objetivo Geral**	**14**
4.2	**Objetivos Específicos**	**14**
5	**REFERENCIAL TEÓRICO**	**14**
5.1	**Bacia hidrográfica e ciclo hidrológico**	**14**
5.1.1	Bacia hidrográfica	14
5.1.2	Características de uma bacia hidrográfica	15
5.1.2.1	Área de Drenagem	15
5.1.2.2	Perímetro de Drenagem	16
5.1.2.3	Forma da Bacia	16
5.1.2.4	Coeficiente de Compacidade	16
5.1.2.5	Fator Forma	17
5.1.2.6	Índice de Circularidade	17
5.1.2.7	Ondem do Curso	18
5.1.2.8	Densidade de Drenagem	18
5.1.2.9	Extensão média do escoamento superficial	18
5.1.2.10	Sinuosidade	18
5.1.2.11	Declividade	19
5.1.2.12	Tempo de Concentração	19
5.1.3	Ciclo hidrológico	20
5.2	**Vazão**	**22**
5.3	**Medições de vazões**	**23**
5.3.1	Método do molinete hidrométrico	24
5.3.2	Método acústico	25
5.3.3	Método flutuador	27
5.3.4	Método volumétrico	29

5.3.5 Método químico 29
5.3.6 Método de réguas linimétricas 29
5.3.7 Método a partir do nível da água 30
5.3.7.1 Calha Parshall 30
5.3.7.2 Vertedores 30
5.4 Curva-chave 30
5.4.1 Representação gráfica..... 31
5.4.2 Fórmula matemática 32
5.4.3 Tabela por calibragem 33
5.4.4 Tipos de Calibragem 33
5.4.5 Coeficiente de Determinação 33
5.4.6 Vazão por curva chave 33
6 METODOLOGIA 34
6.1 Identificação da área de estudo 34
6.2 Caracterização Morfométrica da Bacia..... 37
6.3 Análise de consistência dos dados 38
6.4 Elaboração da curva-chave 40
7 RESULTADOS E DISCUSSÕES 40
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS 46
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 47

1. INTRODUÇÃO

Como já visto na história das civilizações, como por exemplo as ocupações primárias da Mesopotâmia, situada entre os rios Tigre e Eufrates, e as cidades egípcias às margens do rio Nilo, as pessoas tendem a iniciar sociedades às margens de córregos e afins, visando favorecer as trocas comerciais, a higiene, o consumo, o plantio, a criação de animais e a comunicação. Com isso, percebe-se a enorme influência das ações antrópicas no ciclo da água (PAZ, 2004).

Os ciclos hidrológicos e o fornecimento dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica são controlados de acordo com o contexto a qual a mesma está inserida. Em grandes centros urbanos, devido ao despejo errôneo de esgotos, construções nas margens dos rios e de áreas impermeáveis e o aumento desenfreado de plantações, a composição química e física da água sofrem alterações (PAZ, 2004).

No caso do córrego em estudo, este está localizado em um parque municipal, na cidade de Palmas – Tocantins, uma área de preservação ambiental, porém, à medida que a capital foi se desenvolvendo a microbacia do Brejo Comprido sofreu fortes alterações, como por exemplo a construção da TO-050.

Com o desgaste das bacias hidrográficas foi estabelecido que o aumento médio máximo das cheias devido ao aumento de áreas impermeáveis e às canalizações, que a vazão máxima encontrada passa a ser seis vezes maior que a natural (LEOPOLD, 1968).

Logo, para melhor compreensão acerca das alterações na composição da água é necessário o estudo de sua bacia hidrográfica. Dentro desta área, ocorrem processos para fazer o balanço hídrico, denominados de ciclo hidrológico.

> A bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água de precipitação que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída. A bacia hidrográfica compõe-se de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório (TUCCI, 2004).

O ciclo hidrológico, rege a vazão dos rios, pois ele transforma a quantidade de água que entra no processo, na saída de forma distribuída, entretanto, como acontece cada processo do ciclo ou cada uso da água e em que a intensidade varia conforme as características da bacia, como o relevo, solo, presença de área urbana, atividades agropecuárias outros (PAZ, 2004).

O estudo e o desenvolvimento de métodos de monitoramento de vazões ajudam na melhoria de planos de avanço sustentáveis, controles de cheias, indícios dos processos de assoreamento de canais, dimensionamento de reservatórios, de barragens e PCHs (Pequena Central Hidrelétrica), liberação de outorgas e também na solução de conflitos hídricos (RIOS, 2011).

Os recursos hídricos, quando não há planejamento e gerenciamento acarretam ciclos com consequências negativas, por sua vez, estes devem resolver conflitos gerados pelo crescimento demográfico e pela ocupação do solo. Goes (2007) afirma que este monitoramento tem a finalidade de aprofundar o conhecimento das consequências causadas pela alteração do meio natural e auxiliar na gestão dos recursos hídricos de um município.

Devido à importância estimar o comportamento das determinadas vazões de um rio e permitir o conhecimento sobre o fluxo da seção há a necessidade de elaborar sua curva-chave.

2. PROBLEMA DE PESQUISA

O presente trabalho vem apresentar informações hidrológicas do córrego Brejo Comprido, com medições mensais e anuais de vazão para montar a curva chuva do exutório do mesmo, uma vez que este está situado em uma área de grandes impactos e exposto a mudanças. Neste sentindo, o presente estudo apresenta a seguinte questão: Qual a curva-chave próxima a foz do córrego Brejo Comprido? Qual o valor do coeficiente de correlação R^2?

3. JUSTIFICATIVA

Devido à necessidade para consumo, higiene, cultivo de alimentos e criação de animais e para a expansão comercial buscada no início das civilizações, houve uma tendência do surgimento e desenvolvimento das cidades serem entorno dos leitos de rios. No Brasil, a historiadora e professora Gandara (2013) definiu as margens dos rios como elemento possibilitador de povoamentos, oferecendo as possibilidades de contato e circulação, ou seja, os rios tiveram um papel de importância no desenvolvimento urbano. Ao passo que os centros urbanos se desenvolveram ouve um desgaste das bacias hidrográficas. O que gera, conforme Leopold (1968), um aumento das vazões máximas em até seis vezes devido à impermeabilização e canalização.

Dessa maneira, bacias hidrográficas devem ser bem estudas, para melhor compreender as alterações que a flagelam ao longo do tempo, e para tanto é necessário estudar e caracteriza-la. Como o caso da Microbacia do córrego Brejo Comprido, para entender suas

mudanças, oscilações e aumento de vazões, devido imersão em área urbana, é importante saber suas características, afim de construir a equação da curva-chave para monitoramento e gestão dos recursos hídricos.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é elaborar e propor a curva-chave no ponto próximo a foz do córrego Brejo Comprido no município de Palmas- TO, com vistas a subsidiar a gestão dos recursos hídricos.

4.2. Objetivos Específicos

- Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do córrego Brejo Comprido;
- Análise de consistência dos dados de medição;
- Proposição de curva-chave próximo a foz do córrego Brejo Comprido.

5. REFERENCIAL TEÓRICO

5.1. Bacia Hidrográfica e Ciclo Hidrológico

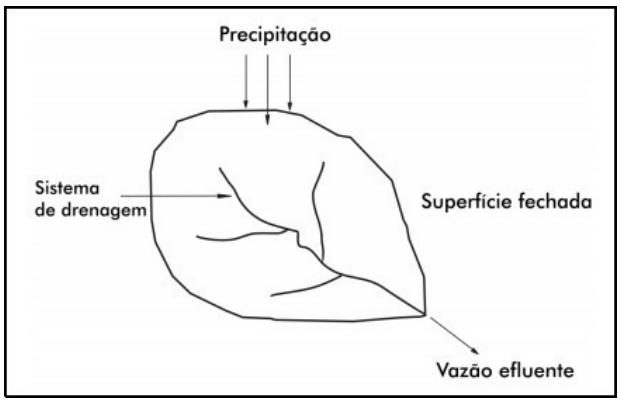
5.1.1. Bacia Hidrográfica

Conforme Villela e Mattos (1975) bacia hidrográfica é uma área definida pela drenagem de um curso d'água ou um sistema deles, de modo que toda vazão é descarregada por uma única saída.

> A expressão bacia hidrográfica é usada para denotar a área de captação natural da água de precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, que é chamado de exutório. A bacia é constituída por um conjunto de superfícies vertentes – terreno sobre o qual escoa a água precipitada – e de uma rede de drenagem formada por cursos d'água que confluem até resultar um leito único no exutório (PAZ, 2004).

A representação gráfica de uma bacia hidrográfica é representada na Figura 1, a seguir.

Figra 1: Bacia Hidrográfica



Fonte: LISBOA, (2005)

Conforme Villela e Mattos (1975), dentro de uma bacia hidrográfica ocorre fenômenos que regem sua vazão final, estes eventos são perdas que ocorrem durante todo o processo e caracterizam o balanço hídrico e o ciclo hidrológico. Essa visão também é explicada pelo autor Paz (2004), cujo considera a bacia como um sistema físico, logo o volume de água que precipita é a entrada e o volume de água escoado no exutório é a saída. Porem este sistema é do tipo aberto, uma vez que ocorre também o armazenamento das precipitações na bacia.

Para Paz (2004), os limites de uma bacia se dão pelo seu relevo e por suas curvas de nível. Assim é delimitada pelas áreas de maior cota que constituem os divisores de água. E o conceito de microbacia, conforme estudos realizados por Paz (2004) é uma bacia no interior de outra bacia, logo são bacias menores, delimitadas por seus divisores inseridas dentro de bacias maiores. De acordo com os autores Villela e Mattos (1975) no estudo das bacias hidrográficas, se faz necessário o conhecimento sobre o sistema de drenagem, ou seja, o tipo de curso d'água que será drenado naquela bacia.

5.1.2. Características de uma bacia hidrográfica

5.1.2.1. Área de Drenagem

Conforme Villela e Mattos (1975), a área de drenagem da bacia hidrográfica é a projeção horizontal, plana, incluindo seus divisores topográficos. Esta característica é de muita importância para determinar os demais elementos físicos. Sua determinação se ocorre por planimetria nos mapas, usando sempre escalas muito grandes para analisar melhor, sendo sempre expressa em Km^2.

5.1.2.2. Perímetro de Drenagem

O perímetro de drenagem de uma bacia é o comprimento total do divisor de água. Esta característica é dada em Km.

5.1.2.3. Forma da Bacia

A forma de uma bacia, como próprio nome já diz, representa o formato que esta tem, ou seja, se ela em forma de pera ou de um leque. Assim, esta característica é fundamental para determinação do tempo de concentração, logo, o tempo necessário para que toda água após a precipitação leva dos limites da bacia leva até a saída da mesma, em outras palavras, é o tempo de permanência da água após a chuva naquela bacia (VILLELA E MATTOS, 1975).

Conforme Villela e Mattos (1975), no geral bacias grandes possuem formatos de pera ou de leque, enquanto que as pequenas tem formatos dos mais variados, dependendo sempre da estrutura geológica do terreno. Neste aspecto, há duas fórmulas para se determinar essa característica, expressa pela relação entre coeficiente de compacidade (Kc) e pelo fator forma (F).

5.1.2.4. Coeficiente de Compacidade (Kc)

Conforme Villela e Mattos (1975), também chamado de índice de Gravelius, é uma relação do perímetro e a circunferência de um círculo de mesma área da bacia em estudo, é um valor adimensional.

Logo:

$$Kc = 0{,}28\,\frac{P}{\sqrt{A}}$$

Onde:

P: Perímetro da bacia (Km);

A: Área da bacia (Km²).

Este valor implica na habilidade de enchentes, assim, valores entre 1,00 a 1,25, possuem alta propensão a grandes cheias, valores entre 1,25 a 1,5 a propensão é mediana, e para valores de 1,5 a propensão é pequena a enchentes.

5.1.2.5. Fator Forma (Kf)

Esse coeficiente é definido pela relação entre a largura média e o comprimento axial do rio principal.

Logo:

$$Kf = \frac{l}{Lc} = \frac{A}{Lc^2}$$

Onde:

Lc: Comprimento axial (Km);

A: Área da bacia (Km²);

l: largura média da bacia (Km).

Onde:

$$l = \frac{A}{Lc}$$

Este é outro índice indicativo de tendência de cheias, quando se tem um fator forma baixo, menores que 0,5 as chances de enchentes são menores, se os valores estiver entre 0,50 a 0,75 a tendência é mediana, porem com fator forma maior, entre 0,75 a 1,00 está sujeito a enchentes. Conforme Villela e Mattos (1975), isso é em decorrência de que em bacia é estreita e longa, com Fator Forma baixo há menos possibilidade de ocorrer chuvas intensas cobrindo toda a área.

5.1.2.6. Índice de Circularidade

Este índice, segundo Cardoso et al (2006), é simultâneo ao coeficiente de compacidade, o seu resultado conforme tende a unidade a bacia se aproxima da forma circular, e conforme o resultado diminui a bacia se aproxima da forma alongada.

$$IC = \frac{12{,}57 \times A}{P^2}$$

Onde:

IC: Índice de Compacidade;

A: Área da bacia (Km²);

P: Perímetro da bacia (Km).

5.1.2.7. Ordem de curso

A ordem do curso de água reflete na ramificação ou bifurcação na bacia. Segundo sua classificação a primeira ordem é constituída por pequenos canais que não tenham tributários, assim, quando dois canais de primeira ordem se unem é formado um segmento de segunda ordem, na união de dois rios de segunda ordem forma-se um rio de terceira ordem e assim sucessivamente. Segundo Villela e Mattos (1975) dois rios de ordem n formam um rio de ordem n+1.

5.1.2.8. Densidade de Drenagem

Este é um índice expresso por uma relação de comprimento total do curso pela sua área total da bacia. Dada por:

$$Dd = \frac{L}{A}$$

Onde:

Dd: Densidade de drenagem (Km/Km²);

L: Comprimento total do curso (Km);

A: Área total da bacia (Km²).

Assim, Villela e Mattos (1975) definiu que o resultado varia inversamente com a expressão de escoamento superficial, fornecendo uma indicação de eficiência da drenagem.

5.1.2.9. Extensão média do escoamento superficial

Os autores Villela e Mattos (1975) definiram que esta característica representa a distância média que a água teria que percorrer, em linha reta, do ponto onde atingiu o solo até a rede de drenagem.

5.1.2.10. Sinuosidade

Villela e Mattos (1975) conceituam a sinuosidade sendo corresponde a relação entre o comprimento do rio principal e a distância entre a nascente e a foz, conhecido como comprimento do talvegue (comprimento axial), medida em linha reta. É um fator controlador da velocidade de escoamento, além disso, dá ideia de quantidade de curvatura do rio.

$$Sin = \frac{L}{Lt}$$

Onde:

Sin: Sinuosidade do rio;

L: Comprimento total do curso (Km);

Lt: Comprimento do talvegue (Km).

5.1.2.11. Declividade

Segundo Villela e Mattos (1975), o relevo de uma bacia influencia diretamente no escoamento superficial, além de afetar também na velocidade e no armazenamento de água na superfície ou depressões. Portanto, quanto maior a declividade, maior será o escoamento e a predisposição a erosão. A declividade é estimada por vários métodos, mas no geral usa-se o das quadrículas, que analisa as curvas de nível do terreno.

5.1.2.12. Tempo de Concentração (tc)

Jambôr (2020) definiu que o tempo de concentração é o intervalo de tempo desde o início da chuva até o instante em que todo o volume da bacia hidrográfica contribui para a vazão.

> Esse tempo caracteriza a forma do hidrograma unitário, sendo definido pelo intervalo de tempo entre o início da precipitação e o instante em que todos os pontos da bacia estão contribuindo para a vazão e consequentemente é um fator importante na conformação e na descarga máxima da enchente de projeto (DNIT, 2005).

Segundo o DNIT (2005), a determinação numérica depende primordialmente do comprimento do curso d'água principal e da sua declividade. Algumas das fórmulas que se podem aplicar para determinar essa caraterísticas estão:

a) Fórmula de Kirpich:

$$Tc = 57 \times \left(\frac{L^2}{Ieq}\right)^{1/30,385}$$

Onde:

Tc: Tempo de concentração (min);

L: Comprimento total do curso (Km);

Ieq: Declividade equivalente (m/Km).

b) Fórmula de Picking:

$$Tc = 5{,}3 \times \left(\frac{L^2}{Ieq}\right)^{1/3}$$

Onde:

Tc: Tempo de concentração (min);

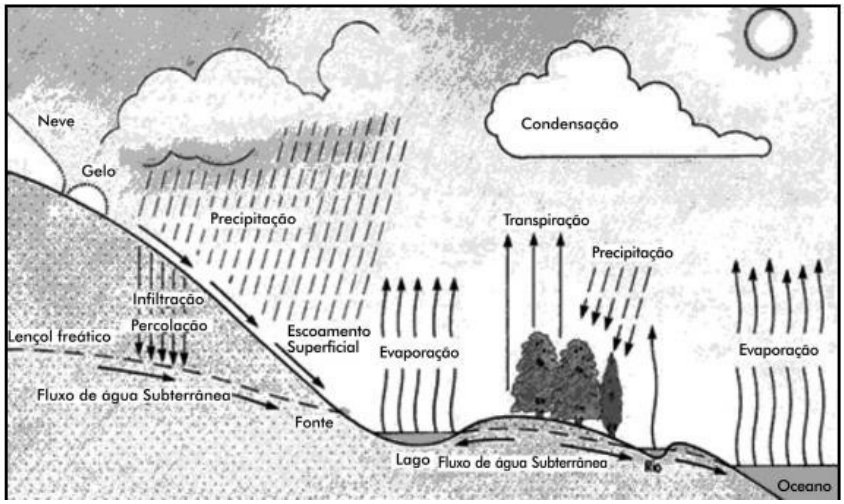
L: Comprimento total do curso (Km);

Ieq: Declividade equivalente (Km/Km).

5.1.3. Ciclo Hidrológico

Conforme Paz (2004) ciclo hidrológico é a constante movimentação da água entre os ambientes terrestre e atmosférico, tendo como principal fonte de energia, o sol, através de sua radiação e com a ajuda gravitacional. Conforme Silveira (1993), este ciclo é um fenômeno de circulação fechada, além desta afirmação, ele ainda propõe que há uma outra fonte de energia para a ocorrência do ciclo, que é a rotação terrestre. Os processos do ciclo hidrológico podem ser analisados na Figura 2.

Figura 2: Esquema do ciclo hidrológico



Fonte: LISBOA (2005)

Assim, como esquematizado e representado pela Figura 2, no ciclo hidrológico ocorre os seguintes processos:

- Precipitação: vapor da água, que nas devidas condições, precipita;
- Interceptação: parte da precipitação é captada pela vegetação;
- Infiltração: parcela da água precipitada que escoa pelo solo é captada pelo mesmo;
- Retenção superficial: uma parte da água precipitada é retida de forma permanente nas depressões do solo;
- Detenção superficial: uma outra parte da precipitação é detida de forma temporária na superfície do solo;
- Percolação: parte que escoa pelo solo e chega nos corpos de água mais próximos, infiltrando e uma parte desta percola até os aquíferos;
- Transpiração: após a vegetação reter a água, ela a elimina em forma de vapor para a atmosfera, por meio da fotossíntese;
- Escoamento superficial: a água que não é captada pelo solo escoa na superfície, até chegar nos rios, córregos, lagos ou mar.

Para Paz (2004), a evaporação está presente em quase todas as etapas do ciclo hidrológico, podendo ser denotada de evapotranspiração, que significa transpiração da vegetação. Algumas dessas fases são consideradas rápidas e outras muito lentas.

Conforme Paz (2004), a interceptação ocorrida em uma área com mata nativa é superior à de região agrícola. Outro exemplo citado pelo autor é a impermeabilização do solo devido ao processo de urbanização, este diminui a parcela infiltrada e aumenta o escoamento superficial, crescendo o número de enchentes.

Santos et al. (2001) apresenta os modelos da equação do balanço hídrico, determinada pelo intervalo de tempo, e não considerando a contribuição subterrânea de fora da bacia e a recarga dos aquíferos profundos.

$$P - ET = D + \Delta S$$

Onde:

P: Precipitação;

ET: Evapotranspiração;

D: Deflúvio;

ΔS: Variação de armazenamento (superficial e/ou subterrâneo);

5.2. Vazão

Segundo Netto (1998) o conceito de vazão ou descarga é o volume líquido que atravessa determinada seção em uma unidade de tempo, sendo expressa em m³/s, ou em outras unidades múltiplas ou submúltiplas.

As variáveis a serem consideradas para determinar as vazões de uma bacia hidrográfica são:

- Intensidade da precipitação em função do período de recorrência e da duração;
- Tempo de concentração;
- Área da bacia;
- Coeficiente de escoamento;

Assim, têm-se as seguintes fórmulas empíricas para determinação de vazão:

a) Quando se usa volume escoado por um período de tempo:

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta T}$$

b) Quando se usa a velocidade do escoamento pela área:

$$Q = V \times A$$

c) Vazão mássica: definida pela vazão em massa que escoa:

$$Qm = \frac{\Delta m}{\Delta t}$$

Onde:

Q: Vazão (m³/s);

Qm: Vazão mássica (kg/s);

ΔV: Volume (m³);

Δt: Tempo para ocorrência (s);

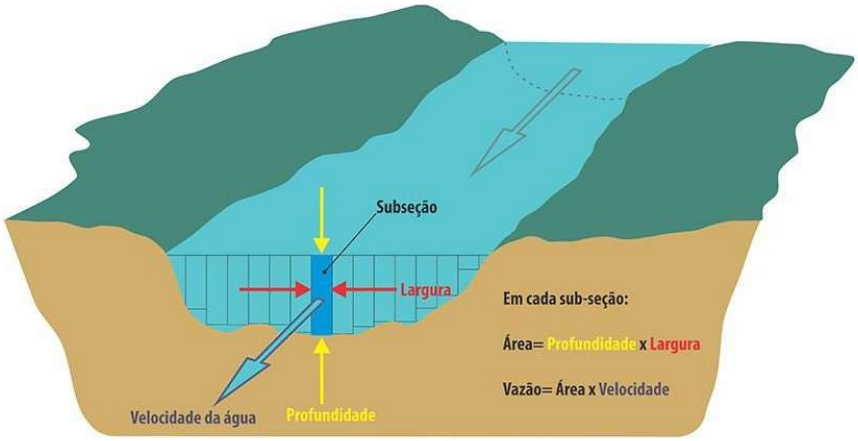
Δm: Variação mássica (kg);

V: Velocidade (m/s);

A: Área (m^2).

Na Figura 3, abaixo, tem uma demonstração da vazão em um curso d'água.

Figura 3: Representação ilustrativa de vazão em um rio



Fonte: RIBEIRO (2019).

5.3. Medições de vazões

Segundo Santos et al. (2001), a hidrometria é a parte da hidrologia que estuda as variáveis hidrológicas, tendo como objetivo obter dados das precipitações, níveis de águas, vazões, entre outros.

Para finalidade de estudos hidrológicos e controle do balanço hídrico de um determinado curso d'água, é necessário que as vazões sejam constantemente analisadas. Sistemas e medidores ajudam nesse serviço, tendo variados modelos e técnicas, que podem ser indiretos ou automáticos.

Os principais métodos de medição são apresentados por Santos et al. (2001): medição e integração da distribuição de velocidade, método acústico, método volumétrico, método químico, uso de dispositivos de geometria regular e medição com flutuadores.

Conforme Carvalho (2008), o modelo do molinete hidrométrico é o mais difundido, devido a sua facilidade de uso e manuseio e ao seus custos benefícios.

A medição de vazões envolve duas categorias de grandezas características do escoamento: grandezas geométricas, como área molhada, perímetro molhado, raio hidráulico, largura e profundidade; e grandezas referentes ao escoamento. Para Santos et al. (2001), tanto as grandezas geométricas como os referentes ao escoamento são definidas em função do nível de água, logo variam de acordo com as características do manancial.

5.3.1. Método do molinete hidrométrico

Este método, segundo relatos de Santos et al. (2001), é difundido na medição de vazões em cursos d'água naturais, sendo necessário determinar a área e sua velocidade. Existem vários modelos deste equipamento, com haste fixa ou não, podendo ser usados em barcos, pontes, uso a vau (profundidade até 1 m) ou em pequenas passarelas, em caso de rios menores.

A medição de vazão utilizando este método ocorre por meio da rotação da hélice que este possui, de acordo com a velocidade de giros desta hélice será quantificada a quantidade de voltas, ofertando a noção de velocidade do curso do rio.

Para tanto, é necessário seguir alguns passos para chegar à vazão final desejada:

1° Passo: Deve-se dividir largura do rio em seis a vinte partes iguais – dependendo da largura do rio;

2° Passo: Dividir em porcentagens a profundidade do rio, variando de quatro a oito leituras;

3° Passo: Soltar o molinete hidrométrico para fazer as leituras, nas marcações das leituras e em suas profundidades;

4° Passo: Encontrar a velocidade média de cada ponto da seção do rio;

A velocidade média, conforme Santos et al. (2001), pode ser determinada, na vertical, através de métodos analíticos. Cabe ressaltar, entretanto, que para até seis pontos pode ser encontrada pelo método detalhado. Além disso, observa-se também que a velocidade superficial é medida em 10 cm de profundidade, e a velocidade do fundo medida de 15 a 25 cm acima do fundo.

5° Passo: Encontrar a área;

6° Passo: Encontrar a vazão pela relação de área por velocidade.

Calculo da área:

$$A = \Delta s \times P$$

Onde:

A = Área do rio (m²);

Δs = Distância da margem do rio – relativo a divisão (m);

P = Profundidade em cada ponto de divisão (m).

Vazão:

$$Q = A \times V$$

Onde:

Q = Vazão (m³/s);

A = Área do rio (m²);

V = Velocidade média dos pontos (m/s).

5.3.2. Método acústico

Para Santos et al. (2001) este método avalia de forma mais precisa a profundidade e velocidade, uma vez que não depende do uso de lastros e ou correção catenária. Apresenta maior segurança, com medições mais rápidas e mais leve, além de dispensar o uso de cabos de aço na seção. Utilizado em canais naturais ou artificiais com pouca profundidade

Um dos modelos do método acústico é o ADV (*Acoustic Doppler Velocimeter)*, que tem a capacidade de medira velocidade das partículas de água pelo princípio do efeito Doppler, usando transdutores acústicos receptores e transmissores (CABRAL, et al, 2013). O modelo pode ser observado na Figura 4 e 5, nelas podem ser observado o sensor, o display de coleta de dados e a haste de graduação para medição, este modelo utiliza métodos analíticos internacionais, que incluem normas ISO e USG, conforme a descrito pela empresa fabricante. O modelo é todo operacional, com pouca necessidade de manutenção e calibração.

Tem o mesmo princípio do método do molinete, no qual sua medição é realizada através do cálculo da área pela velocidade.

Neste caso, conforme afirma Santos et al. (2001), a "velocidade do som" em estudo é a velocidade de propagação das ondas e sua frequência, portanto, é o número de ondas que passam em uma região por um tempo determinado.

Logo temas a equação:

$$C = f \times \lambda$$

Onde:

C = Velocidade do som;

f = Frequência;

λ = Comprimento da onda.

A mudança na frequência é diretamente proporcional à velocidade do veículo, podendo ser expressa pela equação:

$$\Delta f = f \times (\frac{V}{C})$$

Onde:

Δf = Mudança de frequência;

f = Frequência do som quando está parado;

V = Velocidade relativa entre a fonte sonora e o receptor;

C = Velocidade do som no meio.

Figura 4: Modelo acústico – usado para as medições no córrego Brejo comprido

Fonte: Autor (2022)

Figura 5: Modelo acústico – representação

Fonte: Xylem Analytics - Asia Pacific (2022)

5.3.3. Método flutuador

Segundo Santos et al. (2001), o método do flutuador consiste na determinação da velocidade do deslocamento de um objeto flutuante, medindo o tempo utilizado para o seu deslocamento num determinado comprimento de um rio de seção desconhecida.

Os objetos usados para medição são variados, sendo normalmente de formato esférico, ocos ou de metal, que irá se mover com a velocidade da superfície da água, sofrendo influência direta do vento. Este modelo é indicado para pré-avaliação por ser um método rápido e precário, já que tem a aplicação de um coeficiente de determinação incerta para obter a velocidade média na seção. É de simples operação e pode ser aplicado a todos os tipos de vazões, tendo baixo custo de operação, e pode apresentar erros de até 20% (SANTOS *et al*., 2018).

Este método consiste em seguir algumas etapas para chegar na equação de vazão final.

1° Passo: Deve-se dividir o rio em duas seções por cordas (seção superior e seção inferior)

2° Passo: Dividir em partes iguais as cordas;

3° Passo: Medir o tempo decorrido que o flutuador leva entre uma corda e outra, indica-se que seja feita pelo menos cinco destas medições.

4° Passo: Retirar as médias encontradas em cada trecho e calcular a vazão.

Para obtenção de dados é necessário o cálculo da velocidade:

$$\Delta v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Onde:

v = Velocidade média (m/s);

Δs = Distância entre as seções (m);

Δt = Variação de tempo (s).

Cálculo da área:

$$A = \Delta s \times P$$

Onde:

A = Área do rio (m²);

Δs = Comprimento de margem a margem do rio(m);

P = Profundidade em cada ponto de divisão da corda no rio (m).

Vazão:

$$Q = \frac{A \times L \times C}{T}$$

Onde:

Q = Vazão (m³/s);

A = Área do rio (m²);

L = Comprimento da área de medição (m²);

C = Fator de correção (0,8 para rios com fundo pedregoso e 0,9 para rios com fundo

barrento);

T = Tempo que o flutuador leva para percorrer o comprimento L (s).

5.3.4. Método volumétrico

De acordo com Santos et al. (2001) este método determina a vazão por meio do tempo necessário para encher um reservatório, este deve ter volume conhecido. Quando se conhece com precisão o volume do recipiente para tal estudo, este pode ser o método mais indicado entre todos.

5.3.5. Método químico

Conforme Santos et al. (2001), tem maior aplicabilidade em rios de montanha de grande turbulência, sendo chamado de processo químico para determinação direta de descarga.

Já para Pinto et al. (1976), para determinação da vazão é injetado, com vazão constante, uma quantidade de um produto químico (sal), determinando-se a concentração deste produto na água a uma certa distância percorrida, sendo necessário para que a turbulência do rio tenha misturado o composto ao ponto de se tornar homogêneo à água.

Assim aplica-se a expressão:

$$Q = q\,(\frac{Cs}{Cr} - 1)$$

Em geral $\frac{Cs}{Cr}$>1, assim na maioria dos casos pode-se adotar a nova equação:

$$Q = q\,(\frac{Cs}{Cr})$$

Onde:

Q = Vazão (m^3/s);

q = Vazão da solução salina (l/s);

Cs = Concentração da solução (g/l);

Cr = Concentração do sal na água (mg/l).

5.3.6. Método de réguas limnímétricas

Conforme Pinto et al. (1976), as estações hidrométricas são as seções de um rio qualquer, que convenientemente são instaladas e operadas afim de obter as vazões ao longo do

tempo. Essas instalações compreenderão dispositivos de medição do nível da água, réguas

limnimétricas ou linígrafos, referentes a uma cota já conhecida do terreno. Assim a vazão é obtida a partir do nível da água observada na régua.

Os autores Pinto et al. (1976) descrevem o limnímetro sendo constituido por hastes grudadas em centímetros que são colocados no leito do rio e o marco zero é referência de nível fixo. Em geral são compostos por vários lances de 1 m e seus números são fixados pelo intervalo de máximos e mínimos níveis que são esperados de ocorrência. As réguas podem ser de madeiras, ou ferro esmaltado. Um observador faz as leituras geralmente duas vezes ao dia.

5.3.7. Método a partir do nível da água

Para determinar a partir de medidores de nível de água direto, usa-se dois modelos:

5.3.7.1. Calha Parshall

Conforme o autor Pinto et al. (1976), este dispositivo permite a passagem do escoamento de um regime fluvial a um torrencial. Sendo necessário a existência de profundidade crítica dentro da instalação. A vazão é determinada em função da profundidade e das características do medidor.

5.3.7.2. Vertedores

Segundo Pinto et al. (1976), os vertedores são dispositivos de medição, que ao se determinarem a espessura da lâmina que passa acima do mesmo e conhecendo as características descobre-se a vazão.

5.4.Curva-Chave

Para Santos et al. (2001), a curva-chave permite que se obtenha a vazão em determinados níveis de água. É um procedimento preciso, quando a vazão não está diretamente ligada a outros elementos, como remanso de maré ou outros rios, variações sensíveis na declividade da linha da água, alterações constantes na forma da seção, esta relação é de confiabilidade e estável.

Como afirmado por Jaccon e Cudo (1989) o traçado de uma curva–chave ocorre pela relação entre a descarga e a cota (nível-vazão) em uma determinada seção. Ou seja, é a representação gráfica a partir de muitas medições, e estas na maioria são mal distribuídas nos intervalos das cotas. Com isso, é importante o conhecimento do terreno e do canal de onde está situado a régua de medição.

Os autores afirmam também que essa relação pode ser apresentada sob três formas, geralmente associadas: a representação gráfica, a fórmula matemática e a tabela de calibragem.

Jaccon e Cudo (1989), ainda sugerem que se faça um reconhecimento sobre o leito, para determinar o seu tipo e sua natureza, uma análise do perfil longitudinal (representado pela linha de profundidade máxima de cada perfil) e transversal (determinar a largura superficial do rio). Isso se deve ao fato que não é somente o nível da água que influência nos valores da vazão, mas também os elementos geométricos que influenciam: a declividade do terreno, a forma da seção – mais arredondada ou mais comprida.

Conceitos dos elementos geométricos que alteram a seção e consequentemente a vazão de um curso d'água, conforme explicado por Netto (1998):

- Área molhada: é a área útil de escoamento de uma seção transversal, ou seja, a área ocupada pela água;
- Perímetro molhado: é a linha que limita a área molhada, ao longo das paredes e do fundo do curso d'água, ou seja, comprimento total da linha de contato da água com o canal.
- Profundidade média: é a distância vertical que vai da base até a superfície livre do leito do rio;
- Raio hidráulico: é a relação da área molhada pelo perímetro molhado.

Contudo, o único fator de difícil alteração é o nível, logo, quando se tem a expressão encontrada pelos dados fornecidos anteriormente, fazer o acompanhamento da vazão ao longo dos anos fica mais fácil e barato.

> As curvas-chaves exigem, em geral, para sua definição, uma série de medidas abrangendo distintos níveis de água mais ou menos igualmente distribuídos entre as estiagens e cheias. Quanto maior o número de medições, melhores os resultados, considerando-se da ordem de uma dezena o mínimo necessário para uma razoável definição da lei de variação nível-vazão (PINTO et al.,1976).

5.4.1. Representação gráfica

Conforme Jaccon e Cudo (1989), é a forma mais utilizada e mais conhecida, na qual é representada por uma curva traçada em um sistema de eixos retangulares. Assim, o eixo das ordenadas é utilizado para representar as cotas, onde é o cálculo da altura normal do escoamento

de uma descarga dada, utilizando a relação sob a forma h = f(O), e o eixo das abcissas é para representar as descargas, segundo a relação matemática habitual de toda função, Q = f(h).

Os dados usados para elaboração da representação gráfica de uma curva chave são obtidos através de amostragens de valores de marcação.

Devido à inconstância e modificações ao longo do tempo nas variáveis analisadas, o ajuste pode ser trabalhoso. Os erros cometidos em campo são facilmente observados quando realizada esta etapa, pois os pontos mostram-se fora do padrão.

Segundo Pinto et al. (1976) a curva resultante não deverá afastar-se mais de 5% dos pontos medidos, em geral o aspecto da curva é uma parabólica de eixo horizontal.

A fim de construir o gráfico representativo elabora-se a tabela vazão x cota.

5.4.2. Fórmula matemática

A curva chave pode ser encontrada através de duas equações matemáticas, apresentando para as vazões calculadas com desvios padrões menores.

Para o Pinto et al. (1976), essas expressões podem ser obtidas através dos métodos das diferenças finitas ou pelo método dos mínimos quadrados, o que facilita a extrapolação das vazões não abrangidas pelas medições diretas.

a. Fórmula potencial:

$$Q = A \times (h - h0)^n$$

Onde:

Q: Vazão do rio (m^3/s);

A: Constante própria de cada estação;

h: Leitura da régua correspondente (m);

h0: Leitura da régua correspondente à vazão nula (m);

n: Constante de cada estação

b. Fórmula polinomial:

$$Q = A + Bh + Ch^n$$

Onde:

Q: Vazão do rio (m^3/s);

A, B, C: Constantes próprias de cada estação;

h: Leitura da régua correspondente (m);

Após escolher a seção que irá ser realizadas as medidas das vazões, ou seja, um trecho estável, instala-se a régua limnimétrica, com a finalidade de medir os níveis para cálculo da curva.

5.4.3. Tabela de calibragem

Nesta, serão dispostas, de modo crescente, as cotas e descargas, sendo estabelecida pela existência prévia de um gráfico que irá representar a curva-chave, ou pela utilização das fórmulas matemáticas apresentadas.

A elaboração da tabela a partir do gráfico, devem ser escolhidos pontos característicos da curva, ou como descrevem os autores Jaccon e Cudo (1989), pontos chaves, com isso, a definição dos Intervalos de variação das cotas destes postos-chave é estabelecida de acordo com a precisão desejada.

5.4.4. Tipos de calibragem

Os autores Jaccon e Cudo (1989), afirmam que uma calibragem é unívoca quando somente a um valor de descarga, corresponde uma cota; caso contrário, a relação é não-unívoca. E uma relação entre duas variáveis é biunívoca, se a todo valor de uma, corresponde um só e único valor da outra e reciprocamente.

5.4.5. Coeficiente de Determinação

O coeficiente de correlação múltipla, R^2, é uma ferramenta que descreve o grau de associação linear entre variável resposta e preditora. Quanto mais próximo de 1 estiver o valor de R^2, mais alta a correlação positiva (BATISTA, 2004).

5.4.6. Vazão por curva chave

Conforme os autores Santos et al. (2001), se mede os níveis de água dos rios, que por meio de uma curva de descarga são convertidos em vazão. Esta curva de descarga em geral é obtida por medições diretas devido a contribuição de velocidade na seção transversal para

vários níveis de água, ou seja, é necessário fazer diversas medições de vazões. Atualmente para medição direta de vazão o uso do ADPC tem sido crescente.

Os pares de pontos são interpolados e com isso define-se a fórmula matemática da curva-chave citada acima. Para tanto, devem ser coletados os seguintes dados:

- Cota;
- Vazão;
- Área de seção;
- Velocidade
- Data de medição.

6. METODOLOGIA

Neste tópico estão descritos os métodos utilizados para determinação da curva-chave do córrego Brejo Comprido sendo apresentado, desde o momento no qual foi determinado e identificado o ponto de medição, até a etapa de como encontrou-se a curva-chave.

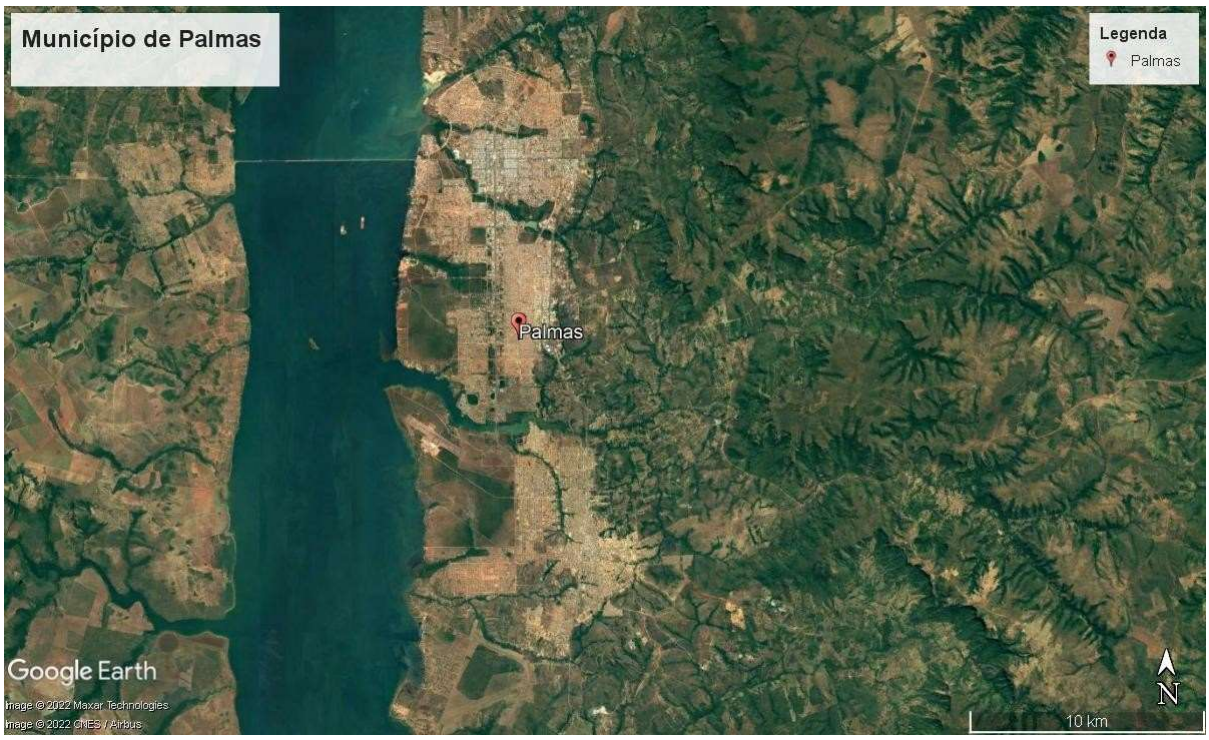
6.1. Identificação da área de estudo

A microbacia do córrego Brejo Comprido é integrante do sistema fluvial do Rio Tocantins, situada na cidade de Palmas, como apresentado na Figura 6, com parte de sua extensão localizada na região de preservação do Parque Cesamar, à margem direita do rio Tocantins, entre as coordenas geográficas X: 800086, Y: 787670 longitude Oeste e X: 8869121, Y: 8874527 latitude Sul (SEMATUR, 2005), drenando uma área de aproximadamente 62,14 Km², o que corresponde 2,52% do município que integra a microbacia em análise (SOUZA e FIGUEROA, 2012).

O córrego Brejo Comprido anteriormente era afluente do Ribeirão Água Fria, porém atualmente é afluente direto do Lago do Lajeado, pós formação do mesmo. Norteado pelas suas coordenadas, sua nascente está localizada a leste da rodovia TO-010, com sua bacia tomada pela parte norte da capital (GUARDA, 2006). Este é o principal curso d'água da microbacia, nasce próximo ao pé da Serra do Lajeado, cortando o Plano Diretor de Palmas em

sentido Leste Oeste e deságua no reservatório da UHE – Luís Eduardo Magalhães (SOUZA e FIGUEROA, 2012).

Figura 6: Município de Palmas – TO, localização da microbacia do córrego Brejo Comprido



Fonte: Google Earth (2022)

O Parque Cesamar, o qual ocupa área as margens do córrego Brejo Comprido, teve sua inauguração em março de 1998, estando situado na quadra 506 Sul, com duas entradas, uma pela avenida NS 4 e outra pela LO 11, neste foi criado, um lago com volume d'água de aproximadamente 500.000 m³, por meio do represamento do Brejo Comprido (ARAÚJO e SCHMIDT, s/d.). O mesmo tem cerca de 150 m de comprimento e é toda protegida por gabiões e colchão dreno, sobre o qual a água verte em cascata, num anel de 30 m de comprimento, caindo em três piscinas, utilizadas para banho (OLIVEIRA, 1998).

O ponto ao qual foi utilizado para realizar as medições da foz, encontra-se próximo à Universidade Federal do Tocantins, abaixo da ponte da Avenida NS 15. Com as coordenadas UTM 789833.52 m E 8873499.23 m S. Na Figura 7 apresenta as coordenas da nascente e do ponto de medição próximo ao exutório, e na Figura 8 a distância entre as coordenadas.

Figura 7: Nascente e Ponto de Medição de vazão para cálculo de curva-chave

Fonte: Google Earth (2022)

Figura 8: Percurso do córrego Brejo Comprido na cidade de Palmas - TO

Fonte: Google Earth (2022)

6.2. Caracterização Morfométrica da Bacia

A microbacia do córrego Brejo Comprido está localizada no estado do Tocantins, com grande importância para o município de Palmas, uma vez que, conforme estudos realizados pela SEPLAN (2004), o curso d'água serve como manancial e abastecimento da cidade, além de antigo receptor de efluentes.

A utilização de ferramentas digitais contribuiu para maior aprimoramento e conhecimento de dados, assim, ao realizar o estudo sobre a microbacia do córrego Brejo Comprido foi usado o programa QGis, através dele, dados como área da bacia, ordem do curso d'água, perímetro e outras características foram descobertas.

A área da bacia hidrográfica do córrego Brejo Comprido tem um total de 62,14 Km^2. Estando incluída na sub-bacia 22. Segundo os dados fornecidos pelo QGis e informações retiradas da SEPLAN (2004), o percentual de comprometimento da disponibilidade de vazão (Q90) é de 112,5%, destes são utilizados 48,72% para a irrigação de parques e jardins e 49,8% para o abastecimento ao público. Conforme a avaliação de seus afluentes a microbacia é de ordem 2.

Conforme o estudo realizado por Rêgo (2018), também utilizando o software QGis, o perímetro da microbacia em estudo é de 32,527 Km, além de possuir um comprimento axial de 12,28 Km, o comprimento do seu curso principal é de 11,44 Km e também que o comprimento total dos cursos d'água da bacia são de 33,82 Km. Outra informação fornecida pelo estudo foi a extensão de escoamento, que foi de 0,357 Km.

Para identificar a forma da microbacia do córrego Brejo Comprido, foi aplicado as fórmulas do Coeficiente de Compacidade (Kc), Fator Forma (Kf) do Índice de Circularidade (Ic). Para tanto os resultados encontrados foram respectivamente 1,31; 0,32 e 0,573. Assim os valores do Coeficiente de Compacidade e o Índice de Circularidade propõem que a bacia é de caráter alongado e sem propensão a grandes enchentes. E assim, o Fator Forma, usando como referência o valor de 0,5, também demonstra baixa chances de cheias na bacia.

Os dados da caracterização da bacia hidrográfica do córrego Brejo Comprido estão representados na Tabela 1.

Tabela 1: Caracterização do córrego Brejo Comprido.

TABELA 1: CARACTERIZAÇÃO DA BACIA CORRÉGO BREJO COMPRIDO		
DADOS		UN
ÁREA DA BACIA (A)	62,14	Km²
PERÍMETRO (P)	32,527	Km
COMPRIMENTO DO TALVERGUE (Lt)	12,28	Km
COMPRIMENTO CURSO PRINCIPAL (L)	11,44	Km
COMPRIMENTO TOTAL	33,82	Km
EXTENSÃO DE ESCOAMENTO	0,357	Km
ORDEM	2	
COEFICIENTE DE COMPACIDADE (Kc)	1,31	
FATOR FORMA (Kf)	0,32	
ÍNDICE DE CIRCULARIDADE (Ic)	0,573	
DENSIDADE DE DRENAGEM	0,701	Km/Km²
SINUOSIDADE (S)	0,932	

Fonte: Autor (2022)

6.3. Análise de consistência dos dados

Os dados são referentes as medições entre os períodos de 2018 à 2021, nos meses de abril, maio e outubro, totalizando ao todo quatro medições. Esses períodos possuem precipitações variadas entre si, mas com baixas cheias. As informações sobre as medições foram fornecidas pelo membro da Srhma, Secretaria de Recursos Hídricos e de Meio Ambientedo Tocantins, o mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos Francisco Donizeti de Medeiros Júnior.

Foi utilizado nas medições para determinar vazão do córrego Brejo Comprido o modelo FlowTracker, um modelo do método acústico – do tipo molinete. Todavia, o equipamento realiza medições utilizando apenas 60% da profundidade. Ou seja, o equipamento mede a profundidade, com o posicionamento do sensor a 60% do valor da altura, que é automatizado por sua haste, devido a graduação da mesma.

As informações fornecidas pelo fabricante do aparelho descrevem o mesmo com as seguintes características: velocidade de medição entre 0,001 a 4,0 m/s, com uma precisão de

0,0001 m/s; temperatura de operação deve estar entre -20 a 50 °C, sensor tem uma largura de

130 mm. As Figuras 9 (A), (B) e (C) representam a coleta de dados utilizando o equipamento ADV adotado para a realização da acareação.

Figura 9 (A), (B) e (C): Medição de Vazão no córrego Brejo Comprido, Palmas-TO

Figura 9 (A) – Primeira leitura

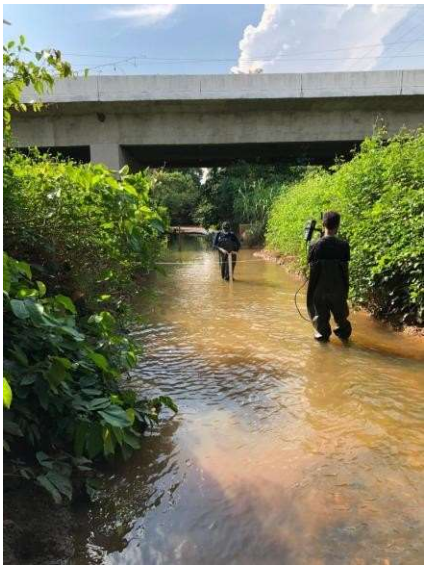


Figura 9 (B) – Terceira leitura

Figura 9 (C) – Quarta leitura

Fonte: Autor (2022)

Com as informações pertinentes coletadas, foi realizado o agrupamento dos mesmos em banco Excel e realizado a limpeza, analisando as coerências entre as vazões, velocidade e cotas de cada medição disponibilizada.

6.4. Elaboração da curva-chave

Para a elaboração da curva-chave do córrego Brejo Comprido, foi utilizado os resultados já fornecidos, como citado anteriormente, referentes ao período de 2018 a 2021.

Os resultados foram lançados no software Excel, e montado a tabela com as cotas máximas e a vazão média de cada medição, onde preencheu-se mais uma coluna com as cotas auxiliares, para montagem do gráfico de dispersão.

Para elaboração da coluna auxiliar foi utilizado a fórmula de equação potencial, onde a profundidade/nível de água (h) é elevada por um expoente (b), para tanto, usa-se valores de h0, cuja a leitura da régua correspondente à vazão nula (m); para subtrair aos valores da leitura correspondente encontrando a nova cota.

Equação potencial utilizada: $Q = A \times (h - h0)^n$

Assim, os valores utilizados na elaboração da curva-chave estão demonstrados na Tabela 2.

Tabela 2: Cota Auxiliar x Vazão

Cota Máxima (m)	Cota auxiliar (m)	Vazão (m³/s)	h0
0,34	0,14	0,1707	0,2
0,42	0,22	0,6393	
0,44	0,24	0,8014	
0,42	0,22	0,7065	

Fonte: Autor (2022)

Com a formulação do gráfico de dispersão, ao selecionar a função de gráfico exponencial e gerenciar as informações, exibe-se o valor de R^2 que mais se aproxima de 1.

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A curva-chave de um rio, não se resume somente em uma análise numérica, mas também na avaliação das características da estação de medição. Assim cada resultado de

medição tem grande importância para compreender o comportamento ao qual o curso d'água tem, uma vez que nele está presente informações sobre as margens, leito e regime de escoamento.

Com os dados fornecidos relacionados a análise morfométrica da bacia, a mesma foi caracterizada de formato alongada, não permitindo grandes enchentes, garantindo bom escoamento superficial e baixas cheias. Esses dados ajudam a entender a curva-chave melhor em vazões mínimas.

Para uma análise de consistência dos dados, o FlowTracker disponibiliza informações em formato de quadros, conforme mostra os Quadros 1, 2, 3 e 4. Com a realização das médias entre os dados fornecidos nos quadros, foi formulada a Tabela 3.

Quadro 1: Resultados mensurados da medição 1

Measurement Results

St	Clock	Loc	Method	Depth	%Dep	MeasD	Vel	CorrFact	MeanV	Area	Flow	%Q
0	10:06	0.00	None	0.000	0.0	0.0	0.0000	1.00	0.0000	0.000	0.0000	0.0
1	10:06	0.54	0.6	0.100	0.6	0.040	0.0847	1.00	0.0847	0.047	0.0040	2.3
2	10:10	0.94	0.6	0.180	0.6	0.072	0.0805	1.00	0.0805	0.072	0.0058	3.4
3	10:15	1.34	0.6	0.240	0.6	0.096	0.1313	1.00	0.1313	0.096	0.0126	7.4
4	10:19	1.74	0.6	0.280	0.6	0.112	0.1220	1.00	0.1220	0.112	0.0137	8.0
5	*10:22*	*2.14*	*0.6*	*0.320*	*0.6*	*0.128*	*0.1250*	*1.00*	*0.1250*	*0.128*	*0.0160*	*9.4*
6	*10:26*	*2.54*	*0.6*	*0.320*	*0.6*	*0.128*	*0.1442*	*1.00*	*0.1442*	*0.096*	*0.0138*	*8.1*
7	10:31	2.74	0.6	0.340	0.6	0.136	0.1535	1.00	0.1535	0.085	0.0130	7.6
8	10:36	3.04	0.6	0.320	0.6	0.128	0.1458	1.00	0.1458	0.096	0.0140	8.2
9	10:41	3.34	0.6	0.320	0.6	0.128	0.1499	1.00	0.1499	0.096	0.0144	8.4
10	*10:44*	*3.64*	*0.6*	*0.340*	*0.6*	*0.136*	*0.1686*	*1.00*	*0.1686*	*0.119*	*0.0201*	*11.8*
11	*10:48*	*4.04*	*0.6*	*0.260*	*0.6*	*0.104*	*0.1800*	*1.00*	*0.1800*	*0.104*	*0.0187*	*11.0*
12	*10:50*	*4.44*	*0.6*	*0.300*	*0.6*	*0.120*	*0.1298*	*1.00*	*0.1298*	*0.105*	*0.0136*	*8.0*
13	*10:52*	*4.74*	*0.6*	*0.340*	*0.6*	*0.136*	*0.1076*	*1.00*	*0.1076*	*0.102*	*0.0110*	*6.4*
14	10:52	5.04	None	0.000	0.0	0.0	0.0000	1.00	0.0000	0.000	0.0000	0.0

Fonte: Autor (2022)

Quadro 2: Resultados mensurados da medição 2

Measurement Results

St	Clock	Loc	Method	Depth	%Dep	MeasD	Vel	CorrFact	MeanV	Area	Flow	%Q
0	08:39	0.00	None	0.000	0.0	0.0	0.0000	1.00	0.0000	0.000	0.0000	0.0
1	08:39	0.40	0.6	0.220	0.6	0.088	0.5193	1.00	0.5193	0.077	0.0400	6.3
2	08:46	0.70	0.6	0.260	0.6	0.104	0.4648	1.00	0.4648	0.078	0.0363	5.7
3	08:48	1.00	0.6	0.300	0.6	0.120	0.5201	1.00	0.5201	0.090	0.0468	7.3
4	08:50	1.30	0.6	0.280	0.6	0.112	0.5898	1.00	0.5898	0.084	0.0495	7.7
5	08:52	1.60	0.6	0.280	0.6	0.112	0.6373	1.00	0.6373	0.084	0.0535	8.4
6	08:54	1.90	0.6	0.280	0.6	0.112	0.6233	1.00	0.6233	0.084	0.0524	8.2
7	08:56	2.20	0.6	0.300	0.6	0.120	0.6052	1.00	0.6052	0.090	0.0545	8.5
8	08:58	2.50	0.6	0.320	0.6	0.128	0.6530	1.00	0.6530	0.096	0.0627	9.8
9	09:02	2.80	0.6	0.420	0.6	0.168	0.5932	1.00	0.5932	0.126	0.0747	11.7
10	09:04	3.10	0.6	0.400	0.6	0.160	0.6782	1.00	0.6782	0.120	0.0814	12.7
11	*09:06*	*3.40*	*0.6*	*0.320*	*0.6*	*0.128*	*0.5107*	*1.00*	*0.5107*	*0.096*	*0.0490*	*7.7*
12	09:08	3.70	0.6	0.200	0.6	0.080	0.5987	1.00	0.5987	0.060	0.0359	5.6
13	*09:10*	*4.00*	*0.6*	*0.180*	*0.6*	*0.072*	*0.0486*	*1.00*	*0.0486*	*0.054*	*0.0026*	*0.4*
14	09:10	4.30	None	0.000	0.0	0.0	0.0000	1.00	0.0000	0.000	0.0000	0.0

Fonte: Autor (2022)

Quadro 3: Resultados mensurados da medição 3

Measurement Results												
St	Clock	Loc	Method	Depth	%Dep	MeasD	Vel	CorrFact	MeanV	Area	Flow	%Q
0	09:57	0.00	None	0.000	0.0	0.0	0.0000	1.00	0.0000	0.000	0.0000	0.0
1	09:57	0.50	0.6	0.340	0.6	0.136	0.5136	1.00	0.5136	0.170	0.0873	10.9
2	10:04	1.00	0.6	0.400	0.6	0.160	0.4988	1.00	0.4988	0.200	0.0998	12.4
3	10:07	1.50	0.6	0.400	0.6	0.160	0.6021	1.00	0.6021	0.200	0.1204	15.0
4	10:12	2.00	0.6	0.400	0.6	0.160	0.6555	1.00	0.6555	0.200	0.1311	16.4
5	10:16	2.50	0.6	0.420	0.6	0.168	0.6498	1.00	0.6498	0.210	0.1365	17.0
6	10:19	3.00	0.6	0.440	0.6	0.176	0.5999	1.00	0.5999	0.220	0.1320	16.5
7	10:21	3.50	0.6	0.300	0.6	0.120	0.5333	1.00	0.5333	0.135	0.0720	9.0
8	*10:28*	*3.90*	*0.6*	*0.180*	*0.6*	*0.072*	*0.3101*	*1.00*	*0.3101*	*0.072*	*0.0223*	*2.8*
9	10:28	4.30	None	0.000	0.0	0.0	0.0000	1.00	0.0000	0.000	0.0000	0.0

Fonte: Autor (2022)

Quadro 4: Resultados mensurados da medição 4

Measurement Results												
St	Clock	Loc	Method	Depth	%Dep	MeasD	Vel	CorrFact	MeanV	Area	Flow	%Q
0	08:58	0.00	None	0.000	0.0	0.0	0.0000	1.00	0.0000	0.000	0.0000	0.0
1	08:58	0.10	0.6	0.320	0.6	0.128	0.4075	1.00	0.4075	0.112	0.0456	6.5
2	09:01	0.70	0.6	0.420	0.6	0.168	0.5109	1.00	0.5109	0.252	0.1287	18.2
3	09:04	1.30	0.6	0.420	0.6	0.168	0.5467	1.00	0.5467	0.252	0.1378	19.5
4	09:07	1.90	0.6	0.400	0.6	0.160	0.4171	1.00	0.4171	0.240	0.1001	14.2
5	09:10	2.50	0.6	0.400	0.6	0.160	0.5174	1.00	0.5174	0.240	0.1242	17.6
6	09:13	3.10	0.6	0.400	0.6	0.160	0.3883	1.00	0.3883	0.240	0.0932	13.2
7	09:16	3.70	0.6	0.300	0.6	0.120	0.4208	1.00	0.4208	0.135	0.0568	8.0
8	09:21	4.00	0.6	0.280	0.6	0.112	0.2386	1.00	0.2386	0.084	0.0200	2.8
9	09:21	4.30	None	0.000	0.0	0.0	0.0000	1.00	0.0000	0.000	0.0000	0.0

Fonte: Autor (2022)

Tabela 3: Dados fornecidos pelo FlowTracker, nas medições do córrego Brejo Comprido

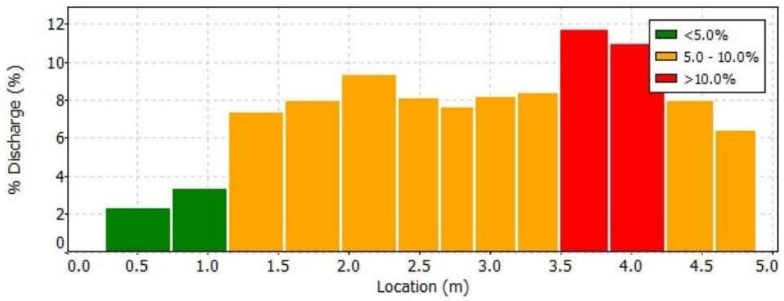
Estação	Data	Hora	Área Molhada	Largura	Velocidade média	Profundidad	Cota
15	25/10/2018	10:06:23	1,258	5,04			
15	10/05/2019	08:39:39	1				
10	10/05/2019						
10							

Fonte: Autor (2022)

Por meio do Resumo de Medição de Descarga, pôde ser verificado algumas outras informações a respeito da medição, como, a temperatura no exato momento da leitura, a profundidade de cada estação, a área total, velocidade e sua descarga.

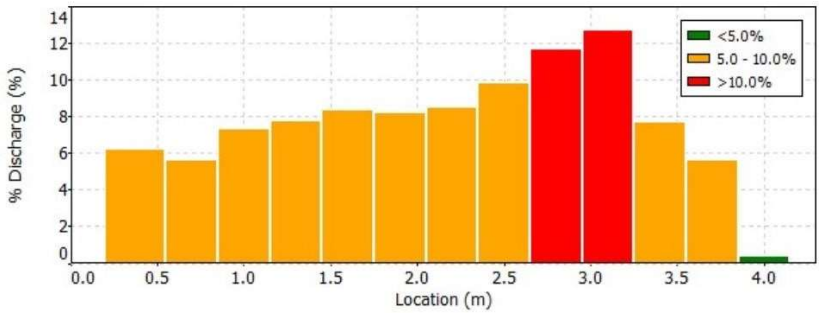
Com o resumo fornecido pelo equipamento ADV, observa-se também os gráficos de porcentagem de descarga pela cota, constituídos pelas Figuras 10 e 11, que representam as medições 1 e 2, respectivamente, com mais pontos de localização, e as Figuras 12 e 13, representando as medições 3 e 4, com menos quantidade de pontos.

Figura 10: Gráfico de Descarga (%) x Pontos - Medição 1



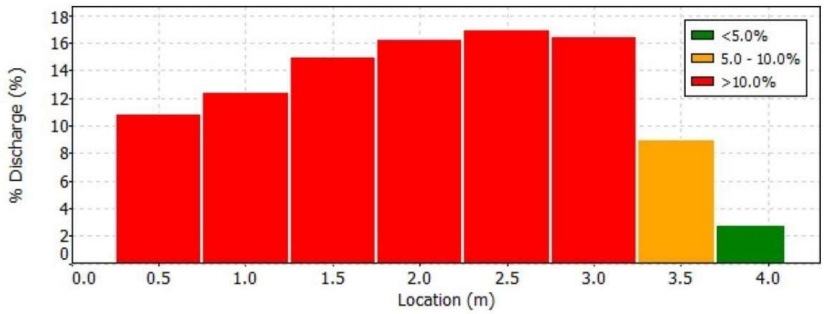
Fonte: Autor (2022)

Figura 11: Gráfico de Descarga (%) x Pontos - Medição 2



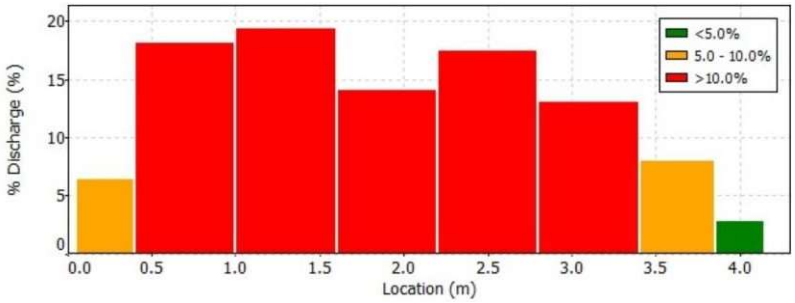
Fonte: Autor (2022)

Figura 12: Gráfico de Descarga (%) x Pontos - Medição 3



Fonte: Autor (2022)

Figura 13: Gráfico de Descarga (%) x Pontos - Medição 3



Fonte: Autor (2022)

Os gráficos apresentados, representam a porcentagem de descarga, ou seja, vazão que está correndo no determinado ponto de medição. Esses pontos são determinados pela distância entre as margens da estação que está ocorrendo o procedimento, são cotados a cada meio metro entre si, partindo da margem zero, margem iniciada a medição, até a margem final, de lado oposto. A coloração vermelha, representa que a descarga é maior que 10% no determinado local, a cor amarela representa que a mesma varia de 5 a 10%, e a cor verde que a vazão é menor que 5%. Podendo perceber que próximos as margens, as vazões são geralmente mais baixas.

Assim, fazendo uma análise dos dados anteriores pode-se afirmar que nas medições 1 e 2, a vazão tinha concentração maior próximo aos três metros de distância da margem zero. Enquanto que as medições 3 e 4, as descargas são maiores nos primeiros metros de medição, começando em apenas 50 centímetros de distância da margem zero.

Como pode ser verificado, as medições do ponto próximo a foz foram realizadas em pontos diferentes uns dos outros, assim as distâncias entre margens se diferem, pois para a realização da mesma é necessário encontrar em cada circunstância o melhor ponto. Por conseguinte, regiões com presença de pedras mais altas atrapalham na altura de profundidade do equipamento e locais com baixa concentração de correnteza devem ser descartados.

Com os dados fornecidos pela Tabela 3, foi formulada a Tabela 4, com informações pertinentes para a realização da representação gráfica, logo, é possível notar que a menor vazão de 0,1707 m³/s representou uma cota de 0,34 m e a maior vazão 0,8014 m³/s representou uma cota de 0,44 m.

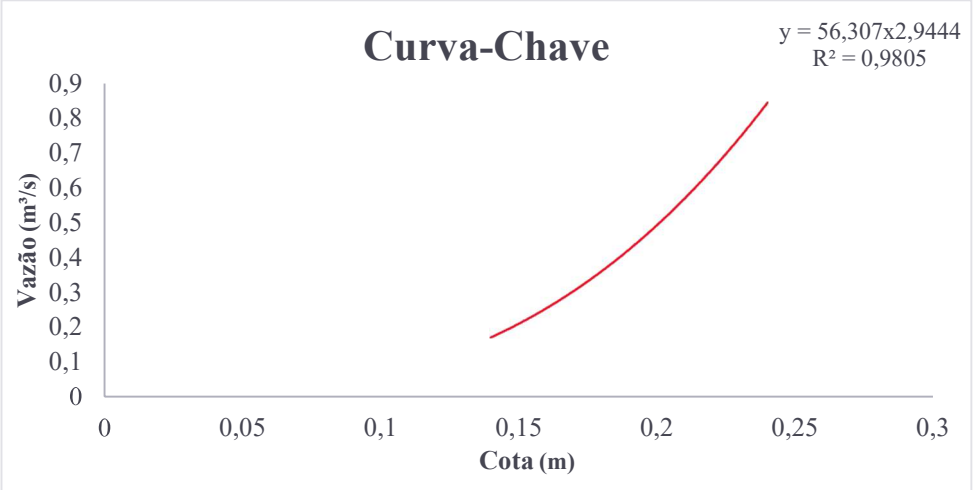
Tabela 4: Valores da velocidade média, vazão e cota máxima

Estação	Velocidade média	Vazão (m³/s)	Cota Máxima (m)
15	0,1357	0,1707	0,34
15	0,5613	0,6393	0,42
10	0,5695	0,8014	0,44
10	0,4543	0,7065	0,42

Fonte: Autor (2022)

Para análise estrutural do caso de estudo, após a coleta e diagnóstico da cota e vazão e avaliação da caracterização da microbacia, foi elaborado a representação gráfica, da curva-chave do ponto próximo a foz do córrego Brejo Comprido expresso na Figura 14.

Figura 14: Curva-chave do Ponto de medição do córrego Brejo Comprido



Fonte: Autor (2022)

Observa-se que o coeficiente de determinação da função foi bem alta, com um R^2 igual a 0,9805, o que indica um bom ajuste dos dados, apresentando bons desempenhos para todos os valores, uma vez que ambos estão muito próximos da curva. Isto indica que ao adicionar as cotas, mais de 98% das variações dos valores de vazão podem ser esclarecidos pelo modelo adotado.

A partir dos dados plotados na Figura 9, produziu-se a seguinte equação:

$$Q = 56{,}307 * (h - 0{,}2)^{2{,}9444}$$

Onde: R^2=0,9805;

Outras considerações devem ser apropriadas em relação às curvas-chave do baixo curso do Brejo Comprido. Devido à falta de medição de vazão em situações de cheia, como já comentado anteriormente, as curvas-chaves geradas ficam limitadas a um intervalo de níveis. Com isso, os níveis superiores gerados em campo serão estimados com possíveis erros. Afim de reduzir os mesmos será necessário novas medições em estações de cheias.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados encontrados com estudo permitiram avaliar que a função potencial se ajustou bem as cotas que variam de 0,34 m a 0,44 m. Como há a presença de vazões na faixa de cotas mais baixas, porque as vazões altas ocorrem durante as cheias, o que não coincidiu com os meses de execução das medições.

Com a quantidade de dados coletados, de baixa proporção, a curva chave necessita ser incrementada por meio de novas medições futuras, para ampliar o quadro de resultados. Pois com o aperfeiçoamento da mesma permitirá que as vazões posteriores sejam assistidas com a ajuda apenas da equação formada.

Os resultados do estudo em questão permitem obter informações necessários e benéficas para avalição da gestão dos recursos hídricos do córrego Brejo Comprido, já que este tem grande relevância e desague na Bacia do Rio Tocantins. Além disso, permite um monitoramento mais controlado e constante, visto que este está presente dentro de um parque de reserva natural, situado em um perímetro urbano.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

ADAMI, Marcio, *et al.* Curva Chave - Estudo de Caso da Bacia Hidrográfica do Sepultura, Caxias do Sul - RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20., 2013, Bento Gonçalves. **Anais**[...], Caxias do Sul: SAMAE, 2013. p 5-7.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Orientações para Elaboração do Relatório de Instalação de Estações Hidrométricas.** Brasília, 2011.

ARAÚJO, Cleverland Carvalho de; SCHMIDT, Gilda. **Estudo da qualidade da água do lago do Parque Cesamar na cidade de Palmas -TO**. Palmas, s/d.

ARAÚJO, Cleide Mecenas *et al.*; **O Parque Cesamar e a integridade ambiental do Córrego Brejo Comprido em Palmas -TO.** Palmas, 2013.

BAPTISTA, M.; CARDOSO, A. rios e cidades: uma longa e sinuosa história... **Revista UFMG**, Belo Horizonte, v. 20, n.2, p. 124-153, jul./dez. 2013.

BATISTA, J.L.F. **Análise de Regressão Aplicada.** 2004. Piracicaba: Departamento de Ciências Florestais – USP, 2004.

CABRAL, Helenesio *et al.* Utilização do Velocímetro Acústico Doppler para avaliação de turbulência do escoamento e concentração de sedimentos em suspensão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20. 2013, Bento Gonçalves. **Anais**[...], Santa Maria: UFMS, 2013. p 4-7.

CARDOSO, Christiany A., *et al.* Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. [Rio de Janeiro]: **Revista Árvore**, 2006.

CARVALHO, Ana P., BRUMATTI, Dayane. Importância do Manejo da Bacia Hidrográfica e da Determinação de Processos Hidrológicos. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, [*s.l*], v.2, n.2, p 148-156, dez. 2012.

CARVALHO, Thiago M. Técnicas de Medição de Vazão por meios Convencionais e não Convencionais. **Revista brasileira de geografia física**, Recife, v.1, n.1, p 73-85, mai./ago. 2008.

Curva Chave. **Google Sites.** Disponível em: https://sites.google.com/site/curvachave/project-definition. Acesso em: 25 de maio de 2021.

DNIT. **Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2005.

Entenda o que é: Série histórica de vazões de um rio. **INFO SÃO FRANCISCO,** 2019. Disponível em: https://infosaofrancisco.canoadetolda.org.br/agua-qualidade/entenda-o-que-e-serie-historica-de-vazoes-de-um-rio/. Acesso em: 26 de maio de 2021.

FIGUEROA, Fernán Enrique Vergara; SOUZA, Rávila Marques de. **Análise de variáveis aplicada à gestão de recursos hídricos – caso de estudo da microbacia do córrego brejo comprido, Palmas, TO**. Palmas, 2012.

GANDARA, Gercinair S. Cidades-beira: raízes urbanas e suas relações com o ambiente/ natureza. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE HISTÓRIA, 17. 2013, Natal. **Anais**[...], Universidade Federal de Goiás, 2013. p 1-2.

GOES, Marcos, *et al.* **Curva Chave – Estudo de Caso da Bacia Hidrográfica**. Escola Urbana, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2007.

GUARDA, Simone D. M. **Expansão urbana do entorno do lago do município de Palmas – TO (1990, 1993, 1999, 2002, 2005)**: Acompanhamento por dados de sensoriamento remoto. Palmas, 2006.

HARTWIG, Marcelo P. **Apostila de Hidrologia.** Rio Grande do Sul, 2012.

Hidrosfera: bacias hidrográficas do brasil. **Guia do estudante**. Disponível em: https://guiadoestudante.abril.com.br/curso-enem-play/bacias-hidrograficas-do-brasil-as-fontes-de-agua-de-nosso-territorio/. Acesso em: 27 de maio de 2021.

JACCON, G.; CUDO, K. J. **Curva Chave:** Análise e Traçado. Brasília, 1989.

JABÔR, Marcos. **Drenagem de Rodovias.** [*S.l.*], 2020.

JÚNIOR, C. R., TUCCI, C. E. **Estimativa da Vazão Máxima de Projetos Através de um Modelo Matemático**. Porto Alegre, 2017.

LEOPOLD, Luna B. **Hidrologia para o Planejamento de terras urbanas:** Um guia de efeitos hidrológicos do uso do solo urbano. Washington, 1968.

LISBOA, Henrique de M. **Princípios de Hidrologia**. Gestão de Recursos Hídricos em áreas urbanas: UFSC, v. 01, p. 146. Florianópolis, 2005.

NETTO, Azevedo. *et al*. **Manual de Hidráulica**. 8.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

OLIVEIRA, Wagton L. de M**. Estudo crítico sobre o eia/rima do parque Cesamar com relação às medidas mitigadoras previstas após a sua implantação**. 1998. 90f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 1998.

PAZ, Adriano. **Hidrologia Aplicada.** Caxias do Sul, 2004.

PEREIRA, F. et al; **Aplicação de técnicas teóricas e experimentais de medição de vazão do ribeirão Santo Antônio - Coronel Pacheco (MG).** Juiz de Fora, 2017.

PINTO. Gustavo L. *et al.* Séries Históricas Fluviométricas: Avaliação do Monitoramento da Bacia do Alto do Iguaçu. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 22. 2017, Florianópolis. **Anais**[...], Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2017. p 2.

PINTO, Nelson S. *et al*. **Hidrologia Básica.** São Paulo: Edgard Blücher, 1976.

RÊGO, F., ZAVARIZE, D., MENEZES, I. Estudo Geohidroambiental como ferramenta para gestão de territorial sustentável de bacias hidrográficas: o caso da microbacia do Córrego Brejo Comprido em Palmas – TO. Palmas: **Revista Espaço e Tempo Midiáticos,** v.3, n.1, p.1-14, jan./jun. 2018.

RIBEIRO, M. *et al*. **Comparação de medições com molinete e flowtracker em rios de fundo rochoso – estudo de caso:** bacia do rio Piabanha**.** Florianópolis, 2017.

RIOS, F. P.; FORMIGA, K. T. M.; ALVES, P. L.; OLIVEIRA, V. T. Estudo Comparativo entre Métodos de Medição de Vazão em Cursos D'água. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 19. 2011, **Anais**[...], Maceió: ABRH, 2011. p 17.

SANTOS, I. *et al*. **Hidrometria Aplicada.** Curitiba Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, [*S.l.*]: LACTEC, 2001.

SANTOS, T. O. *et al*. A utilização dos métodos de medição acústico doppler e flutuador como ferramenta para medição de vazão e velocidade em corpos hídricos-notas de uma experiência de campo. **Acta Geográfica,** Boa Vista, v.12, n.28, p. 170-1777, 2018.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E MEIO AMBIENTE (SEPLAN). Serviços de consultoria para elaboração do plano das bacias hidrográficas do entorno de Palmas-Tocantins (Estratégias de usos das águas superficiais e subterrâneas). Palmas, 2004. 73p.

SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE E TURISMO (SEMATUR). Projeto Olho d'água. Recuperação e proteção ambiental compartilhada da microbacia do córrego Brejo Comprido. SEMATUR, Palmas, 2005.

SILVA, Luís E. Análise de Tendencias em Séries Históricas de Vazão: Uso de Teste Estatístico Paramétrico. **Brazilian Applied Science Review**, Curitiba, v.4, n.3, p 998-1018, maio de 2020.

SILVEIRA, A.L.L. da (aut). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4.ed. Porto Alegre: ABRH, 2013.

TUCCI, Carlos E. M. **Água no meio urbano.** Rio Grande do Sul, 1997.

TUCCI, Carlos E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3.ed. Porto Alegre: ABRH, 2004.

VILLELA, S., MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.