



**FAPAC - FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
INSTITUTO TOCANTINENSE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS PORTO LTDA
ENGENHARIA CIVIL**

LUDIELY CATHARINY DE OLIVEIRA

**MEDIÇÃO DE VAZÃO DO RIO MANGUES E ESTUDO DO MELHOR
APROVEITAMENTO DO POTENCIAL PARA FINS DE NAVEGAÇÃO**

**PORTO NACIONAL - TO
2017**

LUDIELY CATHARINY DE OLIVEIRA

**MEDIÇÃO DE VAZÃO DO RIO MANGUES E ESTUDO DO MELHOR
APROVEITAMENTO DO POTENCIAL PARA FINS DE NAVEGAÇÃO**

Projeto de Pesquisa submetido ao curso de Engenharia Civil Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos Porto Ltda., como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Prof. Me. Silvia Barroso
Gomes Souto

**PORTO NACIONAL - TO
2017**

LUDIELY CATHARINY DE OLIVEIRA

**MEDIÇÃO DE VAZÃO DO RIO MANGUES E ESTUDO DO MELHOR
APROVEITAMENTO DO POTENCIAL PARA FINS DE NAVEGAÇÃO**

Projeto de pesquisa submetido ao curso de Engenharia Civil do Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos Porto Ltda., como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Projeto de Pesquisa apresentado e defendido em ____/____/____ pela Banca examinadora constituída pelos professores:

Orientador: Prof. Me Me.

Prof.(a). Me.

Prof. Me.

**PORTO NACIONAL-TO
2017**

RESUMO

O trabalho aborda sobre a caracterização do regime de vazões em Rio Mangues Distrito Luzimangues; Estado: Tocantins; Município: Porto nacional; Latitude: -10.3611; Longitude: -48.4372. Quantificar o regime de vazões, caracteriza as vazões, que são as consistências de seus dados coletados e analisar essas vazões para englobá-las em assuntos de manipulação dos recursos hídricos desta região. Vazão é um volume de água que passa por uma determinada seção de um rio dividido por um intervalo de tempo. Assim, se o volume é dado em litros, e o tempo é medido em segundos, a vazão pode ser expressa em unidades de litros por segundo(l.s^{-1}). No caso de vazão de rios, entretanto, é mais usual expressar a vazão em metros cúbicos por segundo ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$), sendo que $1 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ corresponde a 1000 l.s^{-1} (litros por segundo). A medição de vazão em cursos d'água é realizada, normalmente, de forma indireta, a partir da medição de velocidades ou de nível. Tem como objetivo Caracterizar a bacia hidrográfica do Rio Mangues em relação ao volume hidrológico para fins de navegabilidade no município de Porto Nacional – Tocantins.

Palavras-chave: Rio. Viabilidade. Caracterização. Vazão. Doopler.

ABSTRACT

The paper deals with the characterization of the flow regime in Rio Mangues Luzimangues District; State: Tocantins; Municipality: National port; Latitude: -10.3611 Longitude: -48.4372. Quantifying the flow regime characterizes the flows, which are the consistencies of their data collected and analyze these flows to encompass them in matters of manipulation of the water resources of this region. Flow is a volume of water passing through a particular section of a river divided by a time interval. Thus, if the volume is given in liters, and the time is measured in seconds, the flow rate can be expressed in units of liters per second (ls-1). In the case of river flow, however, it is more usual to express the leak in cubic meters per second (m^3s^{-1}), with $1\text{m}^3\text{s}^{-1}$ corresponding to 1000 l.s-1 (liters per second). The measurement of flow in waterways is usually performed indirectly from the measurement of velocities or level. Its objective is to characterize the watershed of the Mangues River in relation to the hydrological volume for purposes of navigability in the municipality of Porto Nacional - Tocantins.

Key words: River. Viability. Characterization. Flow. Doopler.

LISTA DE FIGURA

FIGURA 1 Bacia arredondada e as características do escoamento nela originado por uma precipitação uniforme	5
FIGURA 2 Bacia elíptica e as características do escoamento nela originado por uma precipitação uniforme	6
FIGURA 3 Bacia ramificada e as características nela originada por uma precipitação uniforme.	6
FIGURA 4 Verificação das verticais e áreas para o método da seção média. ...	7
FIGURA 5 Verificação das verticais e áreas para o método da meia seção.	8
FIGURA 6 Propagação do pulso acústico na água.	11
FIGURA 7 Alteração de frequências sonoras devido à velocidade relativa entre fonte sonora e fonte em suspensão	12
FIGURA 8 Medição da componente da velocidade da água segundo direção do pulso acústico.....	12
FIGURA 9 Modo como o ADCP mede a vazão.....	13
FIGURA 10 Áreas não medidas pelo ADCP.	14
Figura 11 Seção transversal.....	17
FIGURA 12 Seção longitudinal	17
FIGURA 13 Localização do Rio Mangles.....	19

LISTA DE QUADRO

QUADRO 1 Limites Inferior	15
QUADRO 2 Limite Superior	16
QUADRO 3 Velocidade prática mais comum.....	16

LISTA DE ABREVIATURAS

ADCP - Correntômetro Acústico de Efeito Doopler

ANA - Agência Nacional de Águas

AVMs - Acoustic Velocity Meters

SUMARIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	PROBLEMAS DE PESQUISA	2
1.2	HIPÓTESE.....	2
1.3	JUSTIFICATIVA.....	2
2	REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1	ÁGUA E RECURSOS HÍDRICOS.....	3
2.2	HIDROMETRIA.....	4
2.3	BACIA HIDROGRÁFICA.....	4
2.3.1	Drenagem das bacias	5
2.3.2	Características das bacias.....	5
2.3.3	Métodos de medição de vazão	6
2.4	ADCP (Correntômetro Acústico de Efeito Doopler)	9
2.4.1	Classificação dos equipamentos	10
2.4.2	Efeito Doopler	10
2.4.3	Procedimento de medição de vazão	12
2.4.4	Calibração do aparelho	15
2.4.5	Limite de velocidades.....	15
2.5	VELOCIDADE MÉDIA CRÍTICA	16
3	OBJETIVOS	18
3.1	OBJETIVO GERAL	18
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
4	METODOLOGIA.....	19
4.1	ÁREA DE ESTUDO	19
4.2	MEDIÇÃO DE VAZÃO	19
4.3	DETERMINAÇÃO DE VOLUMES E VELOCIDADES.....	20
4.3.1	Determinação do raio hidráulico e perímetro molhado.....	21
5	ORÇAMENTO	22
6	CRONOGRAMA	23
7	RESULTADOS ESPERADOS.....	24

8	REFERÊNCIAS	25
----------	--------------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

A mais de cem anos já havia pesquisas de levantamento de dados relacionado à hidrologia no Brasil, com a instalação das primeiras estações pluviométrica com medições regulares. Iniciando controle de níveis, implantações de estações com controle de níveis e medição de vazão que tem como objetivo verificar os potenciais hidráulicos para usinas hidrelétricas.

O estudo abre caminhos para gestão dos recursos em questões ambientais, como a preservação e uso consciente dos recursos, o gerenciamento das secas e cheias na região, e em questões sócio-econômicas, como em obras de barragens, canalizações, regularização de vazões e outras diversas, pois quando faz-se este tipo de estudo, busca-se quantificar resultados do regime de vazões, para fazer aplicação na melhoria da vida do homem.

A relação entre velocidade da água e velocidade de rotação do molinete é a equação do molinete. Esta equação é fornecida pelo fabricante do molinete, porém deve ser verificada periodicamente, porque pode ser alterada pelo desgaste das peças. Com esses procedimentos isolando esse método, cabos não precisam ser passados, não há necessidade de calibração, não há partes moveis que possam se decompor. O avanço com este equipamento é tanto que ate os conceitos básicos de hidrometria devem ser revistos, mais embora nunca descartados, para a pratica dessas medições.

Levando em consideração a escolha do método depende do volume do fluxo de água, das condições locais, do custo, e ate mesmo da precisão desejada. Que visa a importância de quantificar a vazão disponível e controlar a vazão de água a ser aplicada em projetos. O ciclo hidrológico é um processo dinâmico, governado por processos bastante aleatórios, como a precipitação. Para caracterizar o comportamento hidrológico de um curso d'água ou de uma bacia não basta dispor de uma medição de vazão, mas sim de uma série de medições. É desejável que esta série estenda-se por, pelo menos, alguns anos, e é necessário que o intervalo de tempo entre medições seja adequado para acompanhar os principais processos que ocorrem na bacia, isto é, permitam acompanhar as cheias e estiagens. Em um rio muito grande, de comportamento lento, isto pode significar uma medição por semana. Por outro

lado, em um rio com uma área de drenagem pequena, em uma região montanhosa, com rápidas respostas durante as chuvas, pode ser necessária uma medição a cada minuto. Tendo como objetivo caracterizar a bacia hidrográfica do Rio Manguês em relação ao volume hidrológico para fins de navegabilidade no município de Porto Nacional – Tocantins.

1.1 PROBLEMAS DE PESQUISA

O maior problema de um canal hidroviário fluvial é de o mesmo não ter vazão suficiente para o traslado das embarcações. Como se pensa em edificar um canal hidroviário no Rio Manguês é preciso verificar o comportamento da vazão para julgar a viabilidade no processo de navegação.

1.2 HIPÓTESE

A verificação dos índices de vazão será determinada pelas cotas de níveis em seções transversais e profundidade do leito do rio Manguês, cujo será verificado o seu comportamento nos períodos de estiagem, com tudo será observado a possibilidade de abertura do canal para torná-lo navegável.

1.3 JUSTIFICATIVA

Devido o aumento da produção agrícola houve a necessidade de escoamento da produção. O estado do Tocantins hoje se encontra com dois tipos de escoamento (rodoviário e ferroviário), devido a ampliação e expansão agrícola já se pensa em edificar a rede hidroviária no qual o porto será instalado na cidade de Luzimanguês, município de Porto Nacional – Tocantins, integrando o modal ferroviário, rodoviário, hidroviário.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ÁGUA E RECURSOS HÍDRICOS

Segundo Cunha (2009), a água é um constituinte natural de suma importância, uma vez que a mesma apresenta influência fundamental sobre alguns aspectos, sendo estes, referente aos outros recursos (vegetais, animais, minerais), à manutenção da vida, saúde e bem-estar do ser humano, além da garantia da autossuficiência econômica de uma região ou país.

Rebouças (2006) designa a terminologia água ao elemento natural que não apresenta qualquer vinculação referente ao uso ou utilização do mesmo. Ainda segundo o autor, somente no planeta Terra, dentre os corpos celestes já conhecidos, a água pode ser encontrada, simultaneamente, nos três estados físicos fundamentais: líquido, sólido (gelo) e gasoso (vapor).

De acordo com Carvalho e Silva (2006), na composição da superfície do planeta, a água é representante de uma parcela equivalente a 71%, sendo que, deste percentual, 97,93% pode ser encontrada em estado líquido (97,30% equivale à água salgada e 0,63% à água doce) e 2,07% representativo da água doce em seu estado sólido.

Em circulação na atmosfera, segundo Rebouças (2006), há uma quantidade de vapor da ordem de 577.200 km³/ano, que tem por finalidade o ajuste das condições climáticas do planeta, do ciclo hidrológico, da vida e de outras condições ambientais de relevante importância.

Carvalho e Silva (2006) estimam que cerca de 1,386 bilhões de km³ de água estejam à disposição para consumo em nível global, entretanto, apenas, aproximadamente, 14 mil km³ equivale à parcela de água doce economicamente viável para satisfazer as necessidades humanas.

Segundo a UNESCO (2016) a utilização dos recursos hídricos, em escala mundial, vem crescendo na ordem aproximada de 1% ao ano, tendo como principal causa a demanda ascendente dos países em desenvolvimento.

O termo recursos hídricos, conforme descrito por Rebouças (2006), está associado ao uso e/ou utilização da água visando fins econômicos. De acordo com Carvalho e Silva (2006) o processo de uso e/ou utilização da água distingue-se de acordo com o consumo da mesma, sendo uso consuntivo

quando há o consumo, ou redução do volume, a exemplo das atividades industriais, irrigação e abastecimento, e não consuntivo quando não há o consumo do recurso hídrico, como na geração de energia elétrica, navegação e recreação, por exemplo.

2.2 HIDROMETRIA

Santos et al. (2001) define hidrometria como sendo o ramo da hidrologia relacionado à mensuração das variáveis hidrológicas, com a finalidade de levantar informações a respeito das precipitações, nível de água, vazão, entre outros dados necessários ao estudo da circulação da água, e suas respectivas alterações espaço-temporal.

Segundo Delmée (2003) e Bojorge (2014), vazão é definida como a relação entre a velocidade com a qual uma determinada quantidade, em massa ou volume, de fluído (líquido, gás ou vapor), transpõe a seção de um conduto, livre ou forçado, em uma dada fração de tempo.

Palhares et al. (2007) ainda define vazão como sendo o volume de água passante entre dois pontos em um determinado período de tempo e tem seu valor expresso em metros cúbicos por segundo (m^3/s).

De acordo com Santos et al. (2001), os processos práticos utilizados na determinação da vazão de um curso d'água é o que define medição de vazão em hidrometria. Back e Bonetti (2012) dizem ainda que a medição de vazão é normalmente obtida indiretamente, uma vez que são utilizadas as medidas de velocidade média ou de nível, além do levantamento topográfico da seção de medição.

2.3 BACIA HIDROGRÁFICA

Segundo Silva; Schulz e Camargo (2007) bacia hidrográfica é uma área da superfície terrestre da qual água, sedimentos e materiais dissolvidos são drenados para uma saída comum, em uma dada seção de um canal fluvial. Ainda segundo os autores, as bacias hidrográficas são limitadas pelos chamados divisores de drenagem ou divisores de água.

Bielenki Júnior e Barbassa (2012) caracterizam os divisores de água de acordo com a contribuição do escoamento, podendo ser superficial ou subterrânea. Quando da contribuição do escoamento superficial, a topografia é

uma características determinante, enquanto que para a contribuição do escoamento subterrâneo, as camadas de solo e rocha são os principais influenciadores.

2.3.1 Drenagem das bacias

Segundo Tucci (2013), a área de drenagem da bacia é considerada como a projeção vertical da mesma, sendo este parâmetro fundamental para definição do volume de água que a bacia recebe. Ainda segundo o autor, após a delimitação dos contornos da bacia, por meio dos divisores de água, a obtenção da área pode se der por meio de 18 observações planimétricas em mapas cujas projeções verticais já estejam incorporadas.

2.3.2 Características das bacias

Segundo Carvalho e Silva (2006); Bielenki Junior e Barbassa (2012), o formato da bacia hidrográfica é uma das características mais complicadas de ser determinada, devido à diversidade de forma que a mesma pode apresentar. Esta característica tem influencia relacionada ao comportamento hidrológico, uma vez que dá indícios de como o escoamento superficial direto chega à saída da bacia.

A forma da bacia não é, normalmente, usada de forma direta em hidrologia. No entanto, parâmetros que refletem a forma da bacia são usados ocasionalmente e têm base conceitual. As bacias hidrográficas têm uma variedade infinita de formas, que supostamente refletem o comportamento hidrológico da bacia. Em uma bacia circular, toda a água escoada tende a alcançar a saída da bacia ao mesmo tempo como mostra a Figura 1.

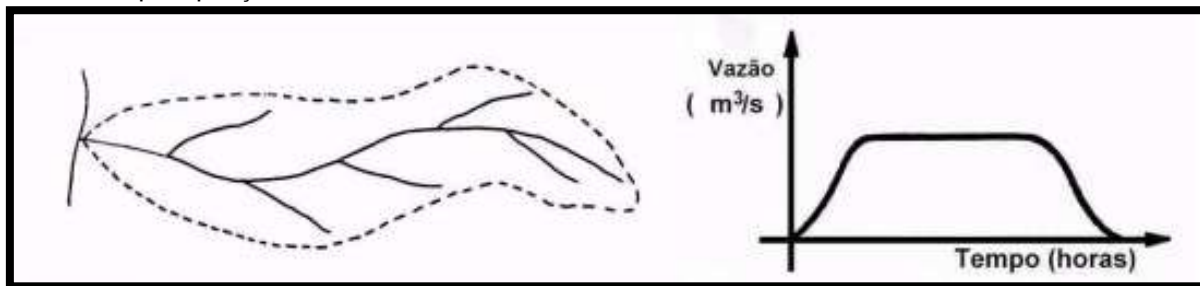
FIGURA 1 - Bacia arredondada e as características do escoamento nela originado por uma precipitação uniforme



Fonte: UFBA (2005)

Uma bacia elíptica, tendo a saída da bacia na ponta do maior eixo e, sendo a área igual a da bacia circular, o escoamento será mais distribuído no tempo, produzindo, portanto, uma enchente menor assim estar representado na Figura 2.

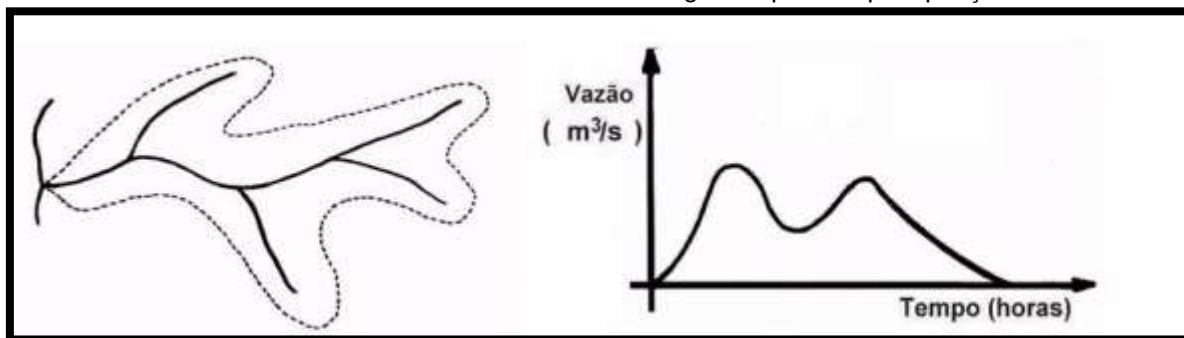
FIGURA 2 - Bacia elíptica e as características do escoamento nela originado por uma precipitação uniforme



Fonte: UFBA (2005)

As bacias do tipo radiais ou ramificadas são formadas por conjuntos de sub-bacias alongadas que convergem para um mesmo curso principal. Neste caso, uma chuva uniforme em toda a bacia, origina cheias nas sub-bacias, que vão se somar, mas não simultaneamente, no curso principal. Portanto, a cheia crescerá, estacionará, ou diminuirá na medida em que forem se fazendo sentir as contribuições das diferentes sub-bacias Figura 3.

FIGURA 3 - Bacia ramificada e as características nela originada por uma precipitação uniforme.



Fonte: UFBA (2005)

2.3.3 Métodos de medição de vazão

Chevallier (2013) classifica os métodos de medição de vazão em cinco categorias, sendo: por capacidade; por medição das velocidades do fluxo da água; por diluição de um traçador; por fórmulas hidráulicas e/ou dispositivo hidráulico correspondente e; por outros métodos (óptico, eletromagnético, similitude com modelo reduzido em laboratório, avaliação visual, etc).

Santos et al. (2001) descreve os seguintes métodos de medição de vazão:

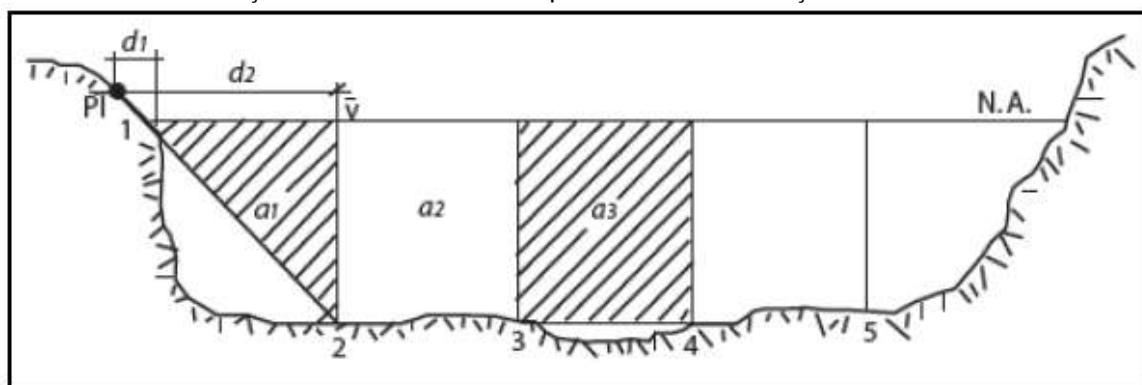
I. Medição convencional com molinete hidrométrico:

Consiste na determinação da área da seção de um curso de água natural e da velocidade média do fluxo que passa por essa seção. Para determinação da velocidade é utilizado o molinete hidrométrico que pode ser de dois tipos: de eixo vertical e de eixo horizontal. Para determinação da área são efetuadas medições da largura do rio e da profundidade do mesmo em uma quantidade expressiva de pontos.

II. Métodos de cálculo:

Método da seção média: utiliza as medidas de largura, média das profundidades e média das velocidades para o cálculo das vazões parciais de cada subseção entre verticais.

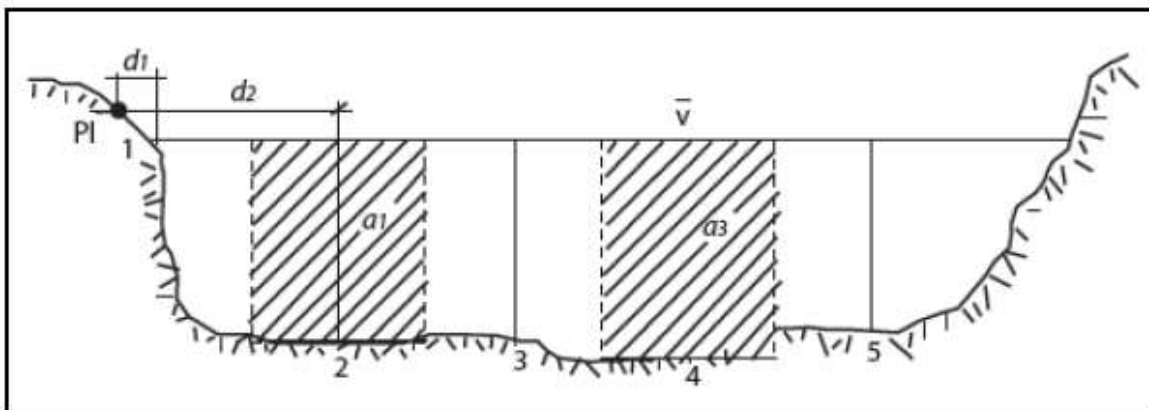
FIGURA 4 - Verificação das verticais e áreas para o método da seção média.



Fonte: Agência Nacional de Águas - ANA (2009).

III. Método da meia seção: para obtenção das vazões parciais, a velocidade média na vertical deve ser multiplicada pelo produto da profundidade média pelo somatório das semi distâncias às verticais adjacentes.

FIGURA 5 - Verificação das verticais e áreas para o método da meia seção.



Fonte: Agência Nacional de Águas - ANA (2009).

IV. Método volumétrico:

Este método consiste em medir o tempo que leva para que um reservatório, cujo volume seja conhecido, encha. A utilização deste método apresenta limitações, no entanto, quando bem definido o volume do reservatório, este apresenta maior precisão de resultados.

V. Método químico:

Este método é recomendado para rios de leito irregular que apresentam grande turbulência e consiste na utilização de uma solução de produto químico, sendo o bicromato de sódio o mais utilizado, ou de um radioisótopo, sendo conhecidas as concentrações destes na água do rio.

VI. Uso de dispositivos regulares:

Calha Parshall: Este dispositivo tem seu uso previsto para bacias de pequenas áreas de drenagem e apresenta uma boa relação entre vazão e nível, dispensando a medida direta da vazão quando da observação dos níveis para obtenção da mesma. Apresenta custo elevado e construção complexa, entretanto não interfere significativamente nas condições naturais do rio, uma vez que não modifica a circulação natural de sedimentos, nutrientes e vida aquática, além disso, uma única estrutura tem capacidade de medir uma gama de vazões.

Vertedores: Este dispositivo pode ser dividido em dois grupos conforme o tipo de soleira, sendo:

De soleira delgada: composto por uma placa fina utilizada transversalmente para barrar o fluxo de água, fazendo com que a mesma se acumule a montante e posteriormente seja vertida a jusante. Estas placas

possuem uma diversificação de formatos, sendo muitos deles já calibrados para transformar diretamente as medidas de nível em vazão.

De soleira espessa: constitui uma elevação plana no fundo do canal ou leito do rio que propicia o aumento da velocidade do escoamento, sendo este, quando por sobre a soleira, denominado escoamento crítico.

VII. Medição com flutuadores:

Este método é geralmente utilizado quando o rio oferece risco à vida do hidrometrista por apresentar nível elevado ou quando não há outros equipamentos disponíveis para efetuar as medições. Consiste na medição do tempo necessário para que um objeto flutuante realize um percurso sobre o rio, sendo conhecido o comprimento do trecho.

VIII. Método acústico:

Este método está baseado na integração das medidas de áreas e velocidades, sendo estas informações obtidas por meio da análise do eco de pulsos de ultrassom que são refletidas pelos sólidos em suspensão na massa líquida e pela superfície sólida do fundo. Ainda são efetuados pelo equipamento, no ato da travessia de uma margem a outra da seção, a batimetria, o levantamento da trajetória e dos perfis e direções de velocidade, que ao serem integrados fornecem a vazão passante na seção considerada. Os pulsos sonoros são transmitidos através do efeito Doppler que os equipamentos acústicos (Correntômetro Acústico de Efeito Doppler (ADCP)) utilizam.

2.4 ADCP (CORRENTÔMETRO ACÚSTICO DE EFEITO DOOPLER)

De acordo com Grison (2008) o Correntômetro Acústico de Efeito Doppler (ADCP) é um aparelho desenvolvido com a finalidade de medir a velocidade das partículas suspensas na água e que, devido ao efeito Doppler, efetua também a medição da corrente d'água. Ainda segundo o autor este aparelho possui como vantagens a eficiência na medição da velocidade da água, medição de uma maior quantidade de pontos em uma determinada seção, comunicação fácil e direta com microcomputadores, o que permite uma transferência dos dados de velocidade em tempo real e cálculo imediato da vazão.

Filho *et al.* (1999) cita como limitações para o uso do aparelho a frequência do mesmo e a quantidade de células que podem ser identificadas por ele, referindo-se à profundidade do curso de água, além do alto custo de aquisição ou locação do equipamento, sensibilidade do mesmo, o tipo de material da embarcação, visando que este não cause interferências magnéticas, e as dificuldades de manutenção.

2.4.1 Classificação dos equipamentos

Segundo Gamaro (2012) não há uma classificação formal referente aos equipamentos, no entanto os sistemas podem ser divididos:

I. Quanto à instalação:

Dinâmicos, quando o material ao qual o mesmo é fixado lhe permite movimentar sobre o curso d'água; e estáticos, quando a instalação do mesmo não lhe permite movimentar-se.

II. Quanto à frequência:

Para rios, atualmente, as frequências podem variar de 150 kHz até 5,0 MHz, sendo as mais utilizadas as de 300, 600, 1.000, 1.200, 1.500 e 3.000. Existem ainda equipamentos que apresentam multifrequência.

III. Quanto ao tipo de medição:

Estáticos, quando efetuam as medições do local onde foram instalados, sendo as medidas de velocidades efetuadas somente em um plano e, dependendo do número de transdutores, efetuam a medição em um ponto ou perfilam tudo; dinâmicos, quando são efetuadas as medições dos parâmetros ao longo da seção e de um ponto; pontuais, quando da medição em um único ponto.

IV. Quanto às aplicações:

Calibração de modelos hidrodinâmicos; monitoramento de correntes em reservatórios; perfis de velocidades em uma seção; velocidade indexada; estudos de hidráulica; etc.

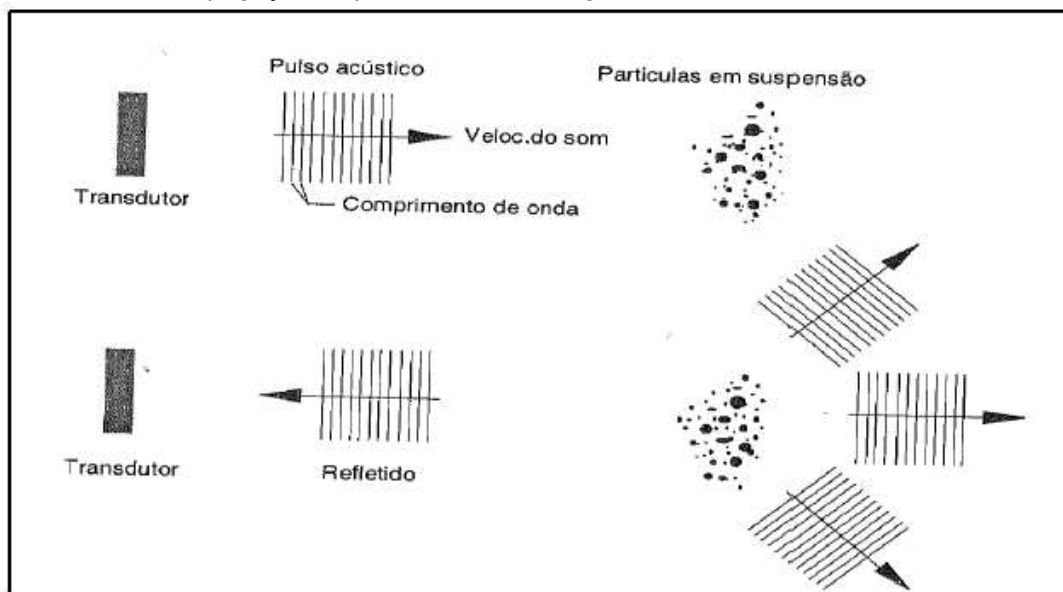
2.4.2 Efeito Doppler

Segundo Filho *et al.* (1999), devido a movimentação das partículas de sólidos, suspensas em água, em relação aparelho, ocasionadas pela ação

do feixe das ondas sonoras, há uma alteração da frequência transmitida pelo sonar, a essa alteração dá-se o nome de efeito Doppler.

De acordo com Grison (2008) a mudança de frequência é causada pelo efeito Doppler mais podendo ser calculada.

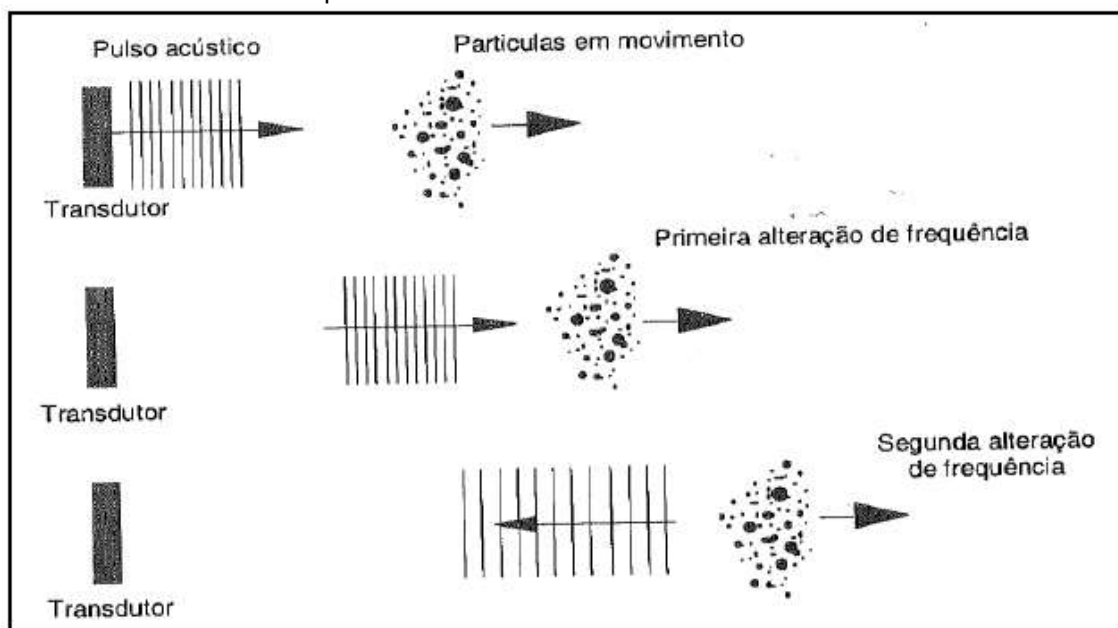
FIGURA 6 - Propagação do pulso acústico na água.



Fonte: Santos et al. (2001).

Ainda segundo o autor, grande parte dos pulsos acústicos são absorvidos ou refletidos em outras direções, dessa forma o ADCP entende devido à mudança de direção causada pela movimentação das partículas da água, que estas partículas funcionam também como fontes de transmissão das ondas sonoras, sendo assim o efeito Doppler pode ser observado tanto na transmissão das ondas do transdutor para as partículas, quanto na transmissão das ondas das partículas para o transdutor.

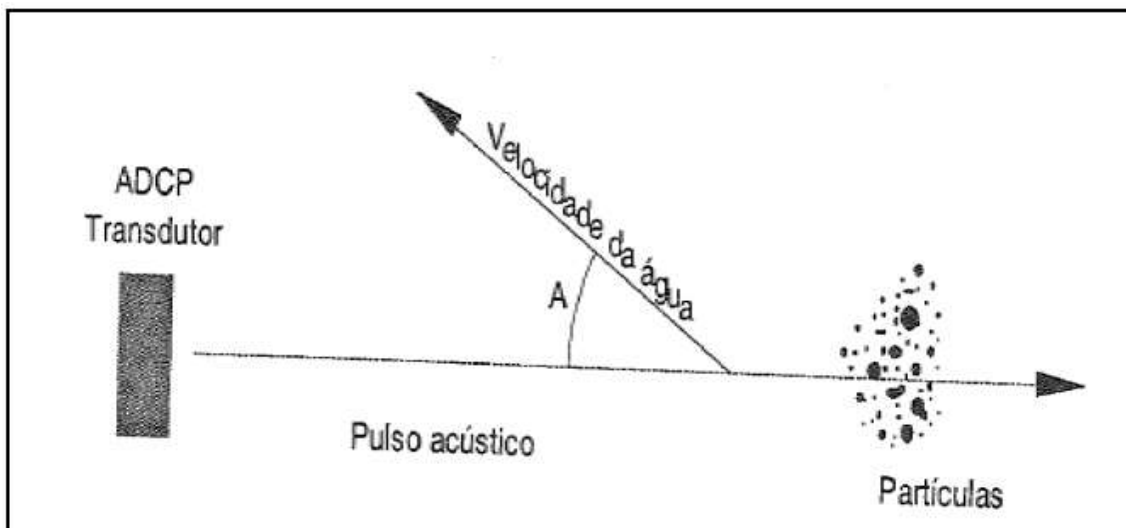
FIGURA 7 - Alteração de frequências sonoras devido à velocidade relativa entre fonte sonora e fonte em suspensão.



Fonte: Santos et al. (2001).

Segundo Santos *et al.* (2001) o transdutor emite a onda sonora em uma única direção e recebe o eco emitido pelas partículas nesta mesma direção, logo a velocidade da água é a componente medida para esta direção.

FIGURA 8 - Medição da componente da velocidade da água segundo direção do pulso acústico.



Fonte: Santos et al. (2001).

2.4.3 Procedimento de medição de vazão

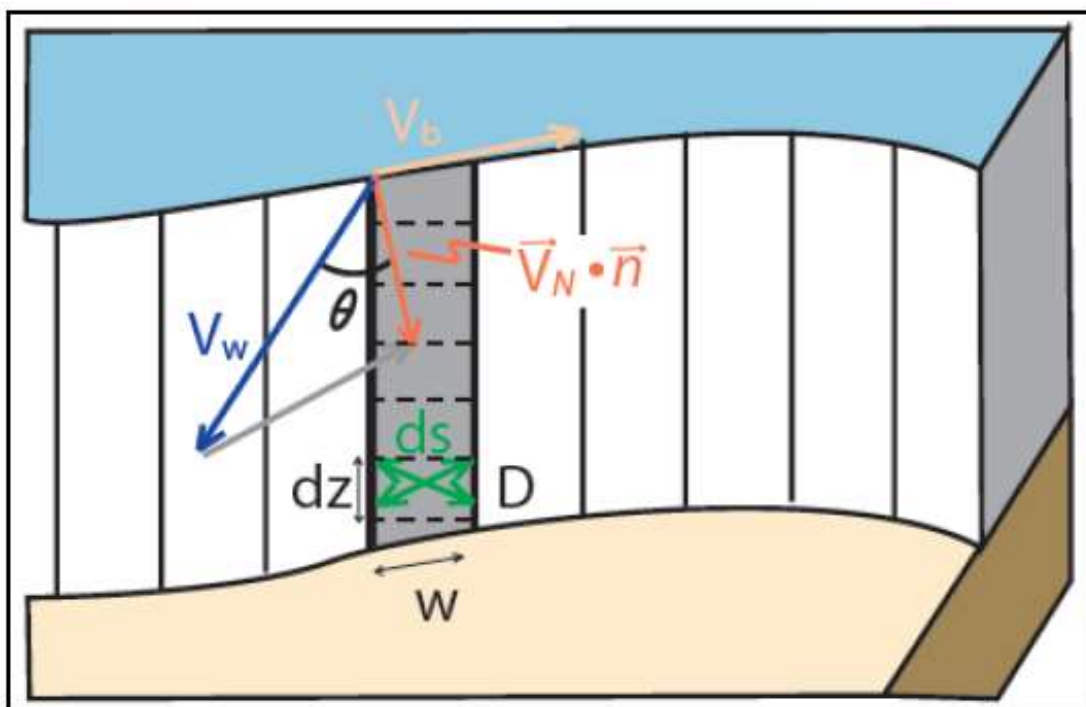
Segundo o RDI (1989 *apud* ANA, 2008), para o procedimento de medição de vazão, é de suma importância que o transdutor acústico do ADCP esteja completamente submerso, possibilitando a condução do aparelho a velocidades aceitáveis com a finalidade de evitar grandes variações e o

possível bloqueio da penetração da energia acústica devido à entrada de ar sob a faixa dos transdutores.

De acordo com Gamaro (2012) os transdutores, que podem estar agrupados em três ou quatro no aparelho, apresentam inclinação referente à vertical de 25° e 20° , respectivamente, e são separados em 120° e 90° entre si. Ainda segundo o autor, a velocidade das partículas, calculada com base no efeito Doppler, é considerada igual à velocidade da água, sendo o perfil desta discretizado verticalmente em células, por meio do *time gating* utilizado pelo ADCP, em função do tempo de viagem dos pulsos sonoros emitidos pelo aparelho.

ANA (2008) ainda relata a importância da velocidade de deslocamento do ADCP em relação ao fundo, sendo esta utilizada para o cálculo do trajeto percorrido em relação a terra, que ao ser relacionado com os perfis de velocidade da água, por meio de programas computacionais, permitem a obtenção do valor de descarga.

FIGURA 9 - Modo como o ADCP mede a vazão.



Fonte: ANA (2008)

Sendo:

V_b = vetor velocidade barco

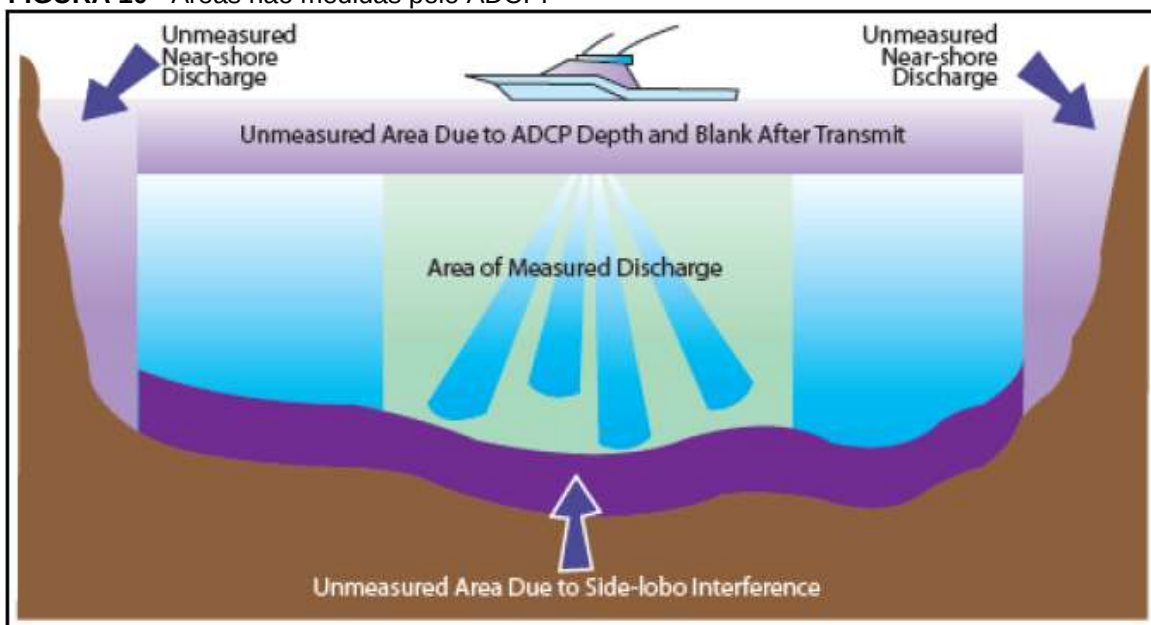
V_w = vetor velocidade água

$V_w \cdot N$ = vetor normal unitário

D = profundidade total perfilada
 dz = tamanho da célula (*bin size*)
 w = largura do perfil (*ensemble*)
 dt = tempo entre pulsos (*pings*)
 ds = área da célula (*bin*)

De acordo com Grison (2008) algumas áreas da seção não são medidas pelo aparelho devido algumas restrições que o mesmo apresenta, sendo estas áreas situadas próximo ao aparelho, ao leito e às margens da seção conforme ilustrado na figura 8.

FIGURA 10 - Áreas não medidas pelo ADCP.



Fonte: ANA (2008).

Segundo Gamaro (2012) estas áreas não medidas pelo aparelho são calculadas por extrapolação ou interpolação. O autor ainda cita as limitações de cada área que impedem que sua medição seja efetuada pelo ADCP, sendo para a superfície o somatório do *blank* (espaço necessário para que os transdutores parem de vibrar após emitirem o som e possam receber o sinal) com a área necessária para a imersão do aparelho, próximo ao leito devido a elevada intensidade do eco produzido pelo feixe em contato com a superfície do leito e nas margens devido a pouca profundidade.

2.4.4 Calibração do aparelho

De acordo com Grison (2008) para dar início às medições de vazão, primeiramente é necessário configurar o aparelho. Tal configuração consiste em efetuar uma comunicação prévia entre o ADCP e o software Riversurveyor, via sinal de rádio (Bluetooth) e, posteriormente, introduzir ao mesmo, dados iniciais referentes ao intervalo médio para lançamento dos pulsos acústicos, sistemas de coordenadas, declinação magnética, profundidade máxima, tamanho das células de profundidades, etc.

Ainda segundo o autor o programa deve ser sincronizado com o horário e data do computador utilizado e a margem de início da medição e a distância da margem até o ADCP devem ser informadas no início da gravação dos dados. Dessa forma o cálculo da vazão será efetuado automaticamente pelo sistema operante.

2.4.5 Limite de velocidades

É delimitado pela capacidade da água de transportar sedimentos. Para evitar o depósito de sedimentos. É comumente adotada seguinte velocidade:

QUADRO 1 - Limites Inferior

TIPOS	V (m/s)
Águas com suspensões finas	0,3
Águas carregando areias Finas	0,45
Águas de Esgoto	0,6
Águas Pluviais	0,75

Fonte: Manual Hidráulica (1998)

É delimitada pela resistência do material das paredes à erosão. Para este fim são comumente adotadas as seguintes velocidades.

QUADRO 2 - Limite Superior

TIPOS	V (m/s)
Canais arenosos	0,3
Saibro	0,4
Seixos	0,8
Materiais aglomerantes consistentes	2
Alvenaria	2,5
Canais em rocha compacta	4
Canais em concreto	4,5

Fonte: Manual Hidráulica (1998)

Convém ressaltar que esta tabela não considera a abrasividade do material transportado que, principalmente no caso de pequenas centrais hidrelétrica, é fundamental.

QUADRO 3 - Velocidade prática mais comum

TIPOS	V (m/s)
Canais de navegação sem revestimento	até 0,50
Canais industriais sem revestimento	0,40 a 0,80
Canais industriais com revestimento	0,60 a 1,30
Aquedutos de água potável	0,60 a 1,30
Coletores e emissários de esgoto	0,50 a 1,50

Fonte: Manual Hidráulica (1998)

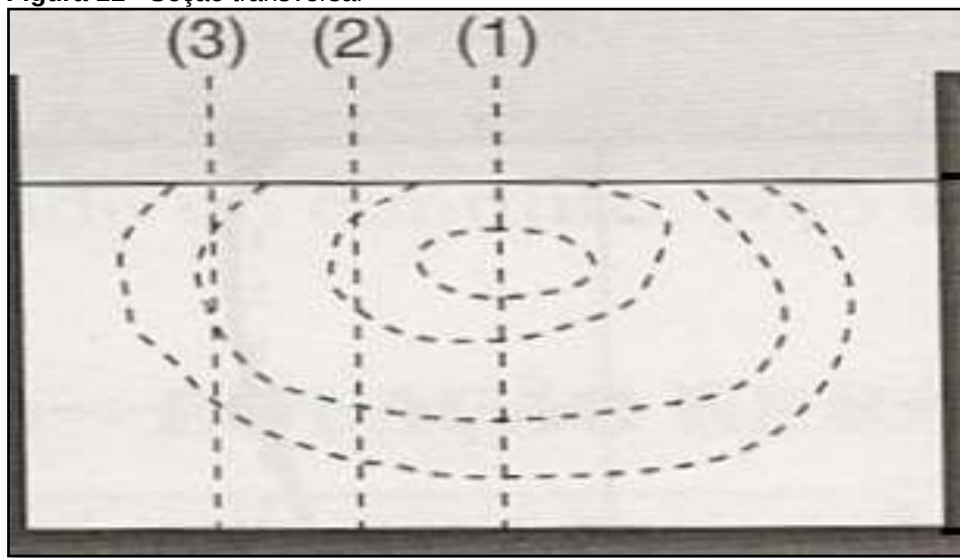
2.5 VELOCIDADE MÉDIA CRÍTICA

A velocidade média crítica passa a ser: igual à velocidade de propagação de uma onda infinitamente pequena em um canal com profundidade média h_{mc} levando em consideração não se deve confundir o escoamento torrencial com o movimento turbulento. Nos canais o movimento é sempre turbulento, mesmo no caso de regime fluvial (NETO, 1998).

Para Neto (1998) vazão máxima em uma seção é alcançada quando a velocidade da água chega a igualar a velocidade crítica. A variação de velocidade, nas seções dos canais, vem sendo investigada há muito tempo. Para o estudo da distribuição das velocidades consideram-se duas seções.

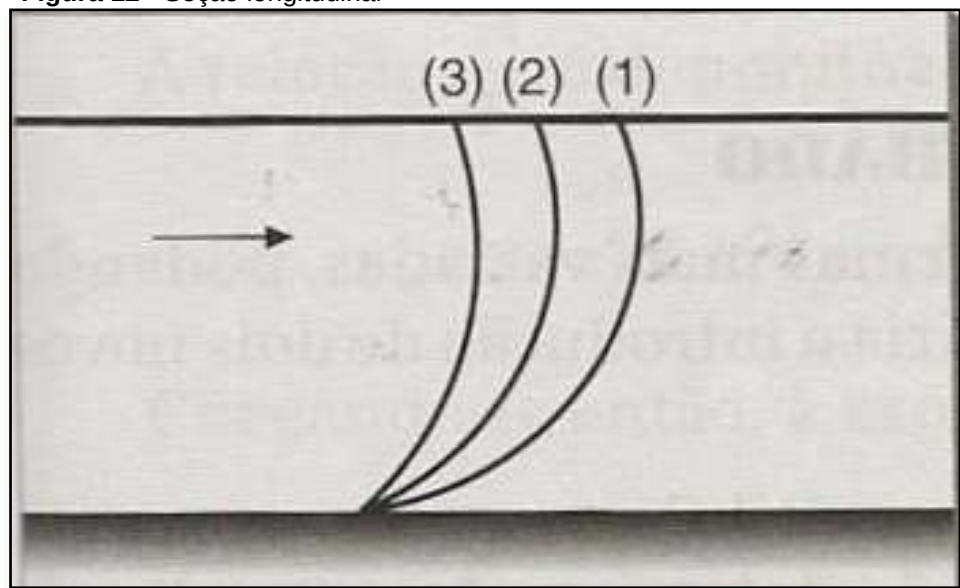
A variação da velocidade verticais mostrada na figura 11 indicadas na Fig. 12. Considerando-se a velocidade média em determinada seção como igual a 1 pode-se traçar o diagrama de variação da velocidade com a profundidade.

Figura 11 - Seção transversal



Fonte: Manual Hidráulica (1998).

Figura 12 - Seção longitudinal



Fonte: Manual Hidráulica (1998).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar a bacia hidrográfica do Rio Manges em relação ao volume hidrológico para fins de navegabilidade no município de Porto Nacional – Tocantins.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

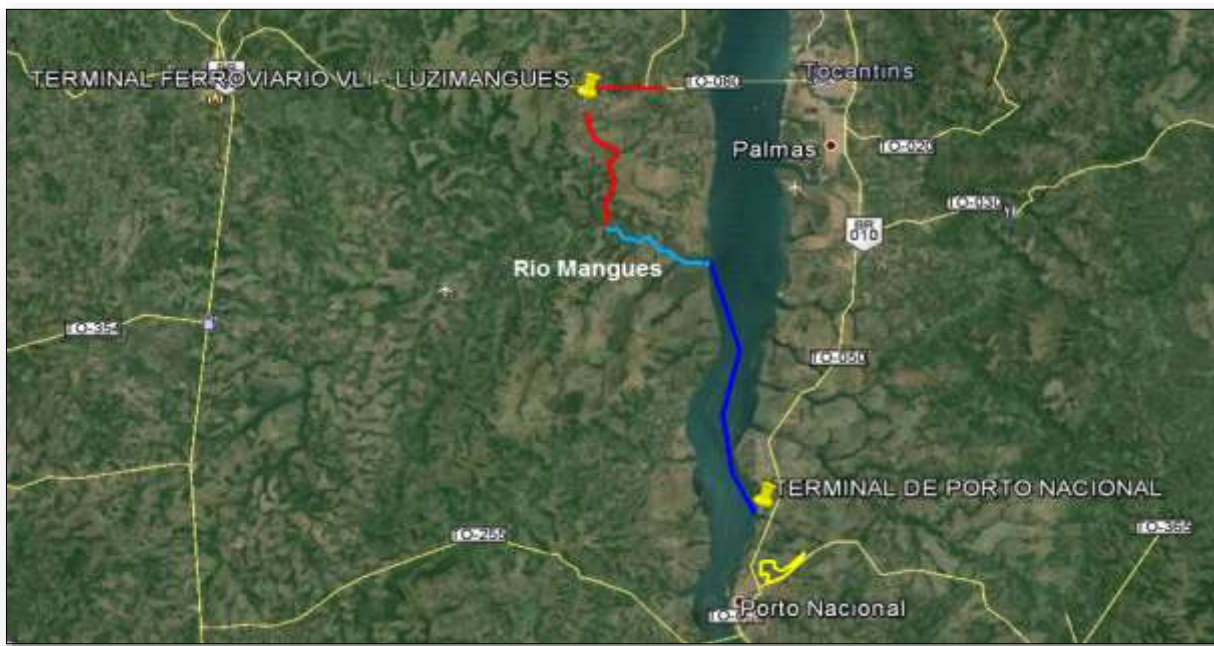
- Identificar o volume de água da seção;
- Medir a vazão do curso de água do rio Manges;
- Verificar os dados do canal hidráulico: raio hidráulico; volume; área; perímetro molhado; limites de velocidade.

4 METODOLOGIA

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O Rio Manguês é um rio brasileiro localizado na margem esquerda do Rio Tocantins, no distrito de Luzimangues, no sentido Porto Nacional a Palmas, no Estado do Tocantins. A figura 13 apresenta a visão geral desse rio.

FIGURA 13 - Localização do Rio Manguês



Fonte: Adaptado de Google Earth, (2016).

No Rio Manguês, esta sendo estruturada a implantação de uma hidrovía, cujo principal objetivo trata-se da interligação do rio com os modais rodoviário e ferroviário, visando aperfeiçoar o escoamento de grãos nessa região do estado.

4.2 MEDIÇÃO DE VAZÃO

A medição de vazão será efetuada baseada no método acústico, utilizando o ADCP Doopler em, no mínimo, duas seções ao longo do curso d'água do Rio Manguês, mensalmente, no período seco e chuvoso. O procedimento de medição consistirá em: Definir os pontos iniciais e finais das seções a serem medidas; Calibrar o equipamento conforme especificado nos itens abaixo:

- Efetuar uma comunicação prévia entre o ADCP e o software Riversurveyor, via sinal de rádio (Bluetooth);

- Introduzir os dados iniciais referentes ao intervalo médio para lançamento dos pulsos acústicos, sistemas de coordenadas, declinação magnética, profundidade máxima e tamanho das células de profundidade;
- Sincronizar o aparelho com o horário e data do computador utilizado;
- Especificar a margem de início, denominada ponto inicial (PI), da medição e a distância da margem até o ADCP, no início da gravação dos dados. Posicionar o equipamento já calibrado na margem inicial da seção a ser medida; Efetuar o processo de medição por meio do deslocamento do aparelho sobre o alinhamento da seção; Aguardar o recebimento e processamento dos dados pelo software; Posteriormente será efetuada uma análise dos dados processados pelo software visando à determinação da vazão média mensal. A mesma será calculada 47 por meio de média aritmética, que consistirá em dividir o somatório das vazões calculadas pelo número de meses.

4.3 DETERMINAÇÃO DE VOLUMES E VELOCIDADES

Velocidade média crítica

$$V_c = \frac{Q}{A_c} \sqrt{gh_{mc}} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

V_c = Velocidade média crítica

Q = Vazão

A_c = Área crítica

g = Gravidade

h_{mc} = A velocidade crítica é igual à velocidade de propagação de uma onda infinitamente pequena em um canal com profundidade média

A formula mais simples para calcular a vazão volumétrica

$$Q = A * V \quad \text{Equação 2}$$

$$A = d_s = w * d_z$$

$$W = |V_b| * d_t$$

$$d_s = |V_b| * d_t * d_z$$

$$V = V_w * n$$

Onde:

Q = Vazão

A = Área

V = Volume

V_b = vetor velocidade barco

V_w = vetor velocidade água

$V_w * N$ = vetor normal unitário

D = profundidade total perfilada

d_z = tamanho da célula (bin size)

w = largura do perfil (ensemble)

d_t = tempo entre pulsos (pings)

d_s = área da célula (bin)

4.3.1 Determinação do Raio Hidráulico e Perímetro Molhado

$$R = \frac{A}{P} \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

R = Raio hidráulico;

A = Área da seção molhada;

P = Perímetro molhado;

5 ORÇAMENTO

GASTOS COM RECURSO DE MATERIAIS			
Itens	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Impressões	3	67,9	203,7
Encadernações	3	3	9
Alimentação	2	20	40
CDs	3	5	15
Combustível	2	100	200
Equipamentos*	1	390000	390000
TOTAL			R\$ 390.467,70

*Os equipamentos serão utilizados em parceria com a Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMAR.

7 RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se do presente estudo realizar à medição para verificação da descarga líquida na bacia hidrográfica do Rio Manguês para verificar a viabilidade do canal hidroviário trafegável para fins de compor o complexo modal (Rodovia, ferrovia e Hidrovia) no estado do Tocantins.

8 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Medição de descarga líquida em grandes rios**: manual técnico. Brasília: ANA; SGH, 2008. 88 p: II.

NETTO, J. M., *et alli.* - "**Manual de Hidráulica**", Ed. Edgard Blucher Ltda, 8ª Edição, São Paulo, 1998.

BACK, A. J.; BONETTI, A. V. Técnicas de medição de vazão em rios de pequeno e médio porte. In: CONGRESSO NACIONAL, 11. LATIOAMERICANO DE AGRIMESSURA, 8., 2012, Villa Carlos Paz, Córdoba. [**Anais**]. Córdoba, AR: Colégio de Agrimensores, 2012. P. 1-26.

BIELENKI JÚNIOR, C.; BARBASSA, A. P. **Geoprocessamento e recursos hídricos**: aplicações práticas. São Carlos: EdUFSCar, 2012. p. 69-81.

BOJORGE, N. **Sistemas de medição de vazão**. Disponível em: <http://www.professores.uff.br/controldeprocessos/eq/imagens/stories/aula05_instrumen_Vazao1sem2014.pdf> Acesso em: 22 de set. de 2016.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. **Apostila: Hidrologia**. 2006. Disponível em: <<http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/jorge/downloads/APOSTILA/LICA%20Parte%201.pdf>>. Acesso em: 20 de set. de 2016.

CUNHA, G. P. Q. **Caracterização ambiental da região de montante do rio Mogi-Guaçu (Bom Repouso – MG)**: estratégias para replicabilidade e diretrizes para elaboração do plano de adequação ambiental. 2009. 232f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2009.

CHEVALLIER, P. Aquisição e processamento de dados. In: TUCCI, C. E. M. (Org.);

DÉELME, G. J. **Manual de medição de vazão**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2003. p. 1-15.

FILHO, G.L.T. et al. O Uso do Adcp em Pequenos e Médios Cursos D'água. n: Grupo de trabajo sobre hidromecânica - 5ª Reunião, Montevideu – Uruguai, 1999, 10p.

GAMARO, P. E. **Medidores acústicos Doopler de vazão**. Foz do Iguaçu: Itaipu Binacional, 2012. 164 p.

GRISON, R. **Introduzindo Hidrologia**. 2008. Disponível em: http://www.ctec.ufal.br/professor/crfj/Pos/Hidrologia/apostila_Completa_2008.pdf f> Acesso em: 28 de set. de 2016.

PALHARES, J. P.C.; RAMOS, C.; KLEIN, J. B. **Medição da Vazão em Rios pelo Método do Flutuador**. 2007. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_c8p81m4j.pdf> Acesso: 29 de set. de 2016.

REBOUÇAS, A. C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3. Ed. São Paulo: Escrituras, 2006. p. 1-34.

SANTOS, I. dos; FILL, H. D. e SUGAI, M. R. von B. et al. **Hidrometria aplicada**. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 2001. 372 p.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e Hidrosedimentologia em Bacias Hidrográficas**. 2. ed. São Carlos: RiMa, 2007. p. 105-114.

TUCCI, C. E. M. Escoamento superficial. In: TUCCI, C. E. M. (Org.); SILVEIRA, A. L. L. et al. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. 5 reimp. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2013. p. 391-441. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 4).

UNESCO. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2016: Água e Emprego**. 2016. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/00244040por.pdf>>Acesso em 20 de set. de 2016.

ANEXO