

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

DETERMINAÇÃO DA VAZÃO SAZONAL DE IGARAPÉS NO MUNICÍPIO DE
HUMAITÁ - AM

Bolsista: Renei Rocha de Carvalho, FAPEAM

HUMAITÁ – AM

Julho – 2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

RELATÓRIO FINAL

PIB-A 077/2012

DETERMINAÇÃO DA VAZÃO SAZONAL DE IGARAPÉS NO MUNICÍPIO DE
HUMAITÁ - AM

Bolsista: Renei Rocha de Carvalho, FAPEAM

Orientador: Vairton Radmann

HUMAITÁ – AM

Julho – 2012

SUMÁRIO

1. Introdução	04
2. Revisão bibliográfica	05
3. Métodos utilizados	07
4. Resultados e discussões	08
5. Conclusões	12
6. Referências bibliográficas	12
7. Cronograma executado	13

RESUMO

O conhecimento das condições hídricas nas bacias hidrográficas no sul do Estado do Amazonas é uma ferramenta essencial no gerenciamento dos recursos hídricos frente ao cenário atual de degradação das águas, a necessidade crescente pelo uso desse recurso pela população para as várias atividades desenvolvidas e de novas fontes de abastecimento. No entanto, até os dias atuais são mínimos os estudos relacionados a esse assunto na região. Este estudo teve como objetivos, calcular a vazão dos igarapés do Beem, Alto Crato e km 20 localizadas no município de Humaitá – AM, no período de cheia e da vazante, comparar os métodos utilizados para a medição da vazão e avaliar as vantagens e desvantagens do emprego das técnicas utilizadas. O igarapé do Beem km 27 não apresentou diferença significativa entre os métodos utilizados. A vazão média anual foi $5,388 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ pelo método do flutuador, ao passo que a vazão pelo método do molinete foi de $5,827 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Santos *et al.*, (2001), explica que a presença de remansos e redemoinhos, frequentes em corpos d'água que apresentam corredeiras, podem interferir nas medições de algumas variáveis, como a velocidade, por exemplo. O igarapé do km 20 apresentou diferença significativa entre os métodos apenas nos meses de setembro de 2011 e abril de 2012, com vazão média de $4,873 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ pelo método do flutuador e $5,075 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ quando realizada com o método do molinete. O igarapé do Alto Crato apresentou diferença significativa entre os métodos somente nos meses de fevereiro e abril de 2012. Foi o que teve menor vazão por ser o menor em termos de volume, área de seção e velocidade do fluxo de água, apresentando vazão média de $0,296 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ utilizando o flutuador e $0,363 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ usando o molinete. A técnica flutuadora proporcionou maiores vantagens no que tange praticidade na operação e baixos custos no seu emprego. Quanto sua maior desvantagem é marcada pela sua baixa precisão devido às influências sofridas por vários fatores que interferem nos resultados. De acordo com os objetivos propostos no projeto, foi possível calcular a vazão pela técnica flutuadora e método do molinete, sendo também avaliadas as vantagens e desvantagens das técnicas empregadas.

Palavras – chave: microbacias, vazão de igarapés.

1. Introdução

A água tem sido um bem de extrema importância para o homem desde a descoberta que a produção de alimentos dependia da oferta de água usada no cultivo. As cidades que se desenvolveram no antigo Egito, após a revolução agrícola que ocorreu cerca de 5.000 anos antes de Cristo, localizadas próximas a rios que atendessem as suas demandas domésticas e agrícolas. Posteriormente, a água corrente também passou a ser utilizada na movimentação de máquinas

que cortavam madeira, em moinhos de grãos e finalmente em processos industriais (TUCCI, 2004).

É inquestionável a utilidade que a água representa para o homem e sua presença é fator determinante para a melhoria do seu bem-estar e o desenvolvimento das comunidades. Dentre as múltiplas utilidades que a água tem para o ser humano, existe uma que é vital, a de ingeri-la. No entanto, há outros usos também indispensáveis para a vida do homem como, por exemplo, na preparação de alimentos, agricultura irrigada, dessedentação de animais, lazer, higiene pessoal entre muitos outros (CARRERA-FERNANDEZ *et al.*, 2002; BRAGA *et al.*, 2005).

Nos tempos atuais, um dos maiores desafios para a humanidade é o gerenciamento dos recursos hídricos disponíveis, dado os inúmeros problemas relacionados ao conhecimento da quantidade e qualidade desses recursos, tanto em nível global como regional. O Brasil, país com dimensões continentais, 8.511.965 km², concentra 12% da água doce disponível no mundo, sendo o país mais rico nesse quesito, com uma descarga média dos rios de 6.220 km³ ano⁻¹, ou 197.500 m³ s⁻¹, seguido pela Rússia, EUA e Canadá (REBOUÇAS, 2002; LIPORONI *et al.*, 2005).

O conhecimento das condições hídricas em pequenas bacias é uma ferramenta primordial no gerenciamento dos recursos hídricos frente ao cenário atual de degradação das águas e a necessidade crescente de novas fontes de abastecimento (COSTA *et al.*, 2007). Por isso, a determinação da vazão consiste em uma etapa fundamental nesse processo de caracterização das condições hidrológicas e na avaliação da disponibilidade hídrica de uma bacia, existindo várias técnicas para obtê-la (CUSTODIO; LLAMAS, 1976; RANTZ, 1982; ABNT, 1995; PORTO, 2001).

2. Revisão bibliográfica

Para Costa *et al.*, (2007), quanto maior a eficácia da técnica, mais dispendiosa e maior a necessidade de recursos técnicos, o que justifica, em parte, o fato de muitas bacias hidrográficas não serem monitoradas continuamente e não terem suas condições hídricas ainda claramente definidas.

De acordo com Borges (2006), a vazão é conceituada como sendo o volume de água escoada na unidade de tempo em uma determinada seção do curso de água. Afirmam ainda que a escolha do método para medir a vazão de um determinado corpo d'água depende do volume do fluxo de água, das condições locais, do custo e da precisão desejada.

O estudo e cálculo de vazão em microbacias é uma questão ainda mal resolvida, pois existe uma série de técnicas desenvolvidas por muitos pesquisadores que procuram estimá-la, entretanto, com exceção dos locais onde há uma infra-estrutura permanente montada e coleta diária de dados, os valores de vazão obtidos não representam totalmente a realidade (LOURENÇO *et al.*, 2009).

De acordo com FILHO *et al* (1999: 14) normalmente, para medição de vazões, utiliza-se de molinetes e outros tipos de fluxômetros. São métodos bastante conhecidos e aplicados, entretanto, na execução demandam tempo, conhecimentos e habilidades técnicas, sem os quais podem gerar dados que não condizem com o real.

No método convencional – também conhecido como área x velocidade – é utilizado o molinete hidrométrico para a determinação da velocidade, e consiste na representação da seção transversal, seguindo um número adequado de verticais, esses números variam entre 10 e 25 depende basicamente das características físicas do rio, principalmente a largura. Já os equipamentos acústicos adotam as verticais automaticamente em relação ao perímetro molhado da seção de medição e principalmente o modo de configuração.

Segundo comentado por GUYOT *et al* (1995: 28) o nome Perfilador Doppler Acústico de Corrente é uma tradução do inglês, Acoustic Doppler Current Profiler, donde vem a sigla ADCP, hoje mundialmente conhecida no meio hidrológico. Esse equipamento é uma ferramenta que utiliza o efeito Doppler para medir a vazão dos rios através do somatório de sucessivos perfis de corrente obtidos em tempo real.

Segundo GAMARO *et al* (2006:4) atualmente existem no Brasil apenas dois equipamentos acústicos que medem a vazão diretamente e que são adequados aos rios brasileiros, são eles ADCP e o ADP (Acoustic Doppler Profiler), ambos oriundos dos EUA. Estes equipamentos são fabricados a várias frequências, a escolha ideal dos equipamentos depende das características físicas dos rios que se pretende medir.

Devido a obtenção dos dados de vazão no instante da medição, torna possível a correção de possíveis erros como: posicionamento do equipamento na embarcação, velocidade da embarcação o modo de configuração adequado com as características do rio medido, entre outras observados e com possibilidade de correção, obtendo com maior confiabilidade um dado para a determinação de uma curva de descarga.

De acordo com TUCCI *et al* (1993) a determinação das curvas, área molhada função do nível da água e raio hidráulico função do nível da água, é indispensável para o traçado da curva de calibragem (curva-chave).

A qual por meio de vários dados históricos define a vazão por uma correlação entre cota e vazão.

Conforme SANTOS *et al* (1996) adota-se por hipótese, que a distribuição de velocidades na vertical apresenta valores nulos próximo ao leito e cresce rapidamente até um valor praticamente constante. Essa distribuição teórica permite um menor número de amostras por vertical.

Os dados para definição de uma curva-chave devem ter um procedimento criterioso em relação aos resultados de tomada de velocidades, pelo método convencional o posicionamento para tomada de velocidades, e adotado entre 10 á 25 verticais, dependendo da largura da seção, tomando o posicionamento do molinete na vertical de acordo com a profundidade exigida.

3. Métodos utilizados

Os locais escolhidos para a medição da vazão sazonal foram os igarapés do km 20 da BR-319, sentido Humaitá-Manaus, do Alto Crato periferia da cidade e Beem no km 27 da BR 319 sentido Humaitá-Porto Velho, localizados no município de Humaitá-AM. Previamente foi definido o local para a realização das leituras. Para a medição da vazão dos igarapés foram utilizados os métodos do molinete (M.M) e do flutuador (M.F). As coletas dos dados ocorreram com 7sequência mensal mediante visitas de campo.

Para a medição da vazão, utilizando o método do flutuador, o primeiro passo foi calcular a área do perfil transversal. As áreas de cada seção foram obtidas medindo a largura do igarapé, com o auxílio de uma trena e uma vara, com intervalos de 0,5 m, a cada intervalo media-se a profundidade formando assim pequenos triângulos retângulos onde suas áreas foram somadas para obter a área total do perfil. As áreas das seções foram somadas e divididas pelo número total de seções (seção A e B), obteve-se assim a área média do perfil transversal da seção. O segundo passo da técnica flutuadora consistiu em medir a velocidade média da corrente e para isso utilizou-se uma garrafa pet de 350 ml contendo dentro da mesma um volume de 100 ml de água. Com o auxílio de um barco inflável, sobre a superfície da água, a garrafa foi lançada 10 (dez) vezes a dois metros antes da marca de 0 m (seção A), distribuídos ao longo da largura do igarapé e cronometrado o tempo gasto pela garrafa para transpor as duas seções, com medida entre elas de 20 metros. Após a obtenção das 10 medidas foi calculado o tempo médio por meio da equação 1:

$$V = \frac{d}{t} \quad (1)$$

onde:

V = velocidade média ($m s^{-1}$); d = distância entre as seções (m); t = tempo (s).

Em seguida com os dados da área da seção e a velocidade média da corrente calculou-se a vazão utilizando a equação 2:

$$Q = V \cdot A \quad (2)$$

onde:

Q = Vazão (m^3s^{-1}); A = Área média da seção (m^2); V = Velocidade média do escoamento ($7S^{-1}$).

Para a determinação da vazão pelo método do molinete, foi utilizada a mesma área das seções transversais definidas para o método do flutuador. Para medir a velocidade média de escoamento da água, o molinete foi posicionado em 10 pontos distintos da seção, distribuídos ao longo da largura do igarapé. Em cada ponto o molinete foi introduzido na água a uma profundidade de aproximadamente 0,6 m subindo e descendo suavemente ate que a velocidade

marcada pelo equipamento se estabiliza (aproximadamente 30 segundos), em seguida a velocidade média foi inserida na equação (2) para o cálculo da vazão.

4. Resultados e discussões

Para as análises do estudo da vazão, realizado nos igarapés do Beem km 27, igarapé do km 20 e Alto Crato, foram consideradas três grandezas: a velocidade do fluxo da água, as áreas das seções transversais e as vazões calculadas.

- **Igarapé do Beem km 27**

Tabela 1: Comparação das vazões calculadas pelo método do flutuador e do molinete para o igarapé do Beem km 27 no período de Agosto a Dezembro de 2011 e de Janeiro a Julho de 2012.

Mês	M.F* (m^3s^{-1})	M.M** (m^3s^{-1})
Ago	2.070 f A	2.503 f A
Set	2.091 f A	2.432 f A
Out	1.815 f A	2.177 f A
Nov	2.599 e A	3.074 e A
Dez	3.318 e A	3.845 e A
Jan	12.114 a A	12.712 a A
Fev	11.067 b A	11.510 b A
Mar	7.442 c A	7.831 c A
Abr	6.669 c A	7.015 c A
Mai	7.275 c A	7.489 c A
Jun	5.174 d A	6,086 d A
Jul	3,021 e A	3,255 e A

*Método do Flutuador; **Método do Molinete

Obs: Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott knott.

Conforme a tabela 1, o igarapé do Beem km 27 não apresentou diferença significativa entre os métodos utilizados. A vazão média anual foi $5,388 m^3s^{-1}$ pelo método do flutuador, ao passo que a vazão pelo método do molinete foi de $5,827 m^3s^{-1}$. Santos *et al.*, (2001), explica que a presença de remansos e redemoinhos, freqüentes em corpos d'água que apresentam corredeiras, podem interferir nas medições de algumas variáveis, como a velocidade, por exemplo.

No igarapé do Beem km 27, foram observados os fenômenos de redemoinhos e remansos, os quais podem ter sido os responsáveis pelos diferentes valores de vazão entre os métodos. Sabe-se que pela equação da continuidade, a vazão é diretamente proporcional a velocidade. Assim, a presença dos citados fenômenos reduziu a velocidade do flutuador e, por conseguinte a vazão medida pelo M.F.

Avaliando os resultados, observou-se que existe uma correlação entre os métodos utilizados e é dado pela expressão $Q_m = 0,9833Q_f + 0,5752$ ($R^2 = 0,9963$).

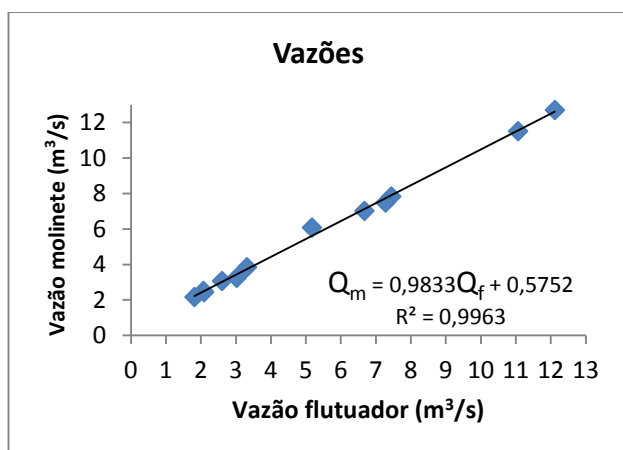


Figura 1: Dispersão dos valores da vazão pelo M.M e M.F no igarapé do Beem km 27 nos meses de Agosto a Dezembro de 2011 e de Janeiro a Julho de 2012.

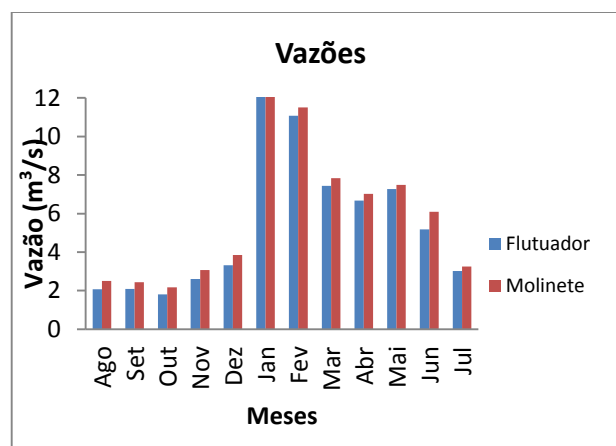


Figura 2: Comparação das vazões pelo M.M e M.F no igarapé do Beem km 27.

- **Igarapé do km 20**

Tabela 2: Comparação das vazões calculadas pelo método do flutuador e do molinete para o igarapé do km 20 no período de Agosto a Dezembro de 2011 e de Janeiro a Julho de 2012.

Mês	M.F* (m^3s^{-1})	M.M** (m^3s^{-1})
Ago	2,377 e A	1,858 f A
Set	2,794 e A	1,750 f B
Out	2,209 e A	1,940 f A
Nov	2,886 e A	2,950 e A
Dez	3,256 e A	3,425 e A
Jan	11,328 a A	11,654 a A
Fev	8,437 b A	8,887 b A
Mar	6,114 c A	6,662 c A
Abr	5,438 d A	6,818 c B
Mai	6,353 c A	7,141 c B
Jun	4,762 d A	5,403 d A
Jul	2,523 e A	2,410 f A

*Método do Flutuador; **Método do Molinete

Obs: Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott knott.

O igarapé do km 20 apresentou diferença significativa entre os métodos apenas nos meses de setembro de 2011, abril e maio de 2012, com vazão média de $4,873 m^3 s^{-1}$ pelo método do flutuador e $5,075 m^3 s^{-1}$ quando realizada com o método do molinete.

Ao longo de todo o estudo observou-se que os resultados obtidos com o molinete foram sempre superiores ao do flutuador, porém nos meses de agosto a outubro de 2011 e Julho de 2012 pode-se notar que a vazão pelo método do flutuador foi maior que a do molinete. Tal divergência possivelmente pode estar relacionada à presença de alguns obstáculos observados

(troncos de madeira usados na construção da ponte) que impediram a distribuição igual do lançamento do flutuador ao longo da largura do igarapé. Com isso as medições com o flutuador ficou concentrado no centro do igarapé, resultando numa velocidade maior que do molinete, pois a velocidade no centro do igarapé é maior que quando se aproxima das margens.

Analisando a figura 3, verifica-se uma correlação entre os métodos utilizados que logo é dada pela expressão $Q_m = 1,1215Q_f - 0,4004$ ($R^2 = 0,9763$).

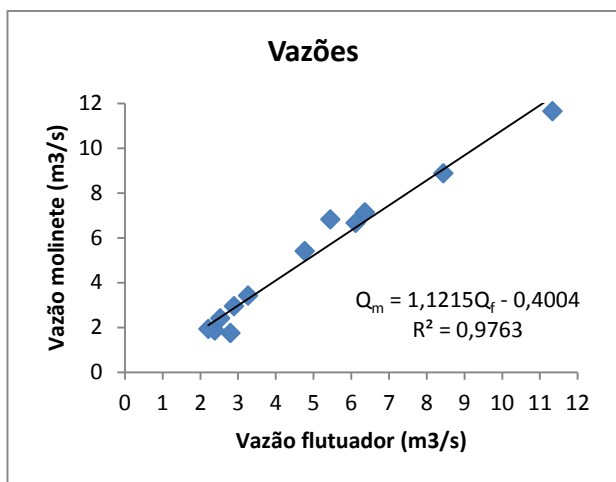


Figura 3: Dispersão dos valores da vazão pelo M.M e M.F no igarapé do KM 20 nos meses de Agosto a Dezembro de 2011 e de Janeiro a Julho de 2012.

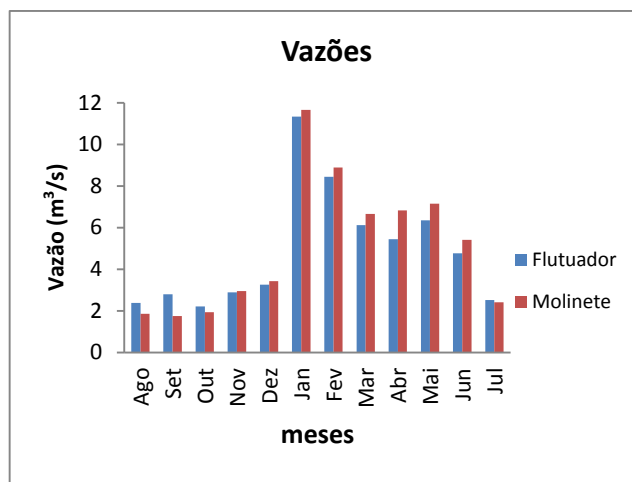


Figura 4: Comparação das vazões pelo M.M e M.F no igarapé do km 20.

- **Igarapé do Alto Crato**

Tabela 3: Comparação das vazões calculadas pelo método do flutuador e do molinete para o igarapé do Alto Crato no período de Agosto a Dezembro de 2011 e de Janeiro a Julho de 2012.

Mês	M.F* (m^3s^{-1})	M.M** (m^3s^{-1})
Ago	0,044 f A	0,089 f A
Set	0,039 f A	0,044 f A
Out	0,050 f A	0,055 f A
Nov	0,171 e A	0,186 e A
Dez	0,208 e A	0,226 e A
Jan	0,332 d A	0,360 d A
Fev	0,701 a A	1,057 a B
Mar	0,694 a A	0,767 b A
Abr	0,467 c A	0,606 c B
Mai	0,592 b A	0,612 c A
Jun	0,144 e A	0,215 e A
Jul	0,111 e A	0,134 f A

*Método do Flutuador; **Método do Molinete

Obs: Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott knott.

De acordo com os resultados da tabela 3, o igarapé do Alto Crato apresentou diferença significativa entre os métodos somente nos meses de fevereiro e abril de 2012. Foi o que teve

menor vazão por ser o menor em termos de volume, área de seção e velocidade do fluxo de água, apresentando vazão média de $0,296 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ utilizando o flutuador e $0,363 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ usando o molinete.

Observando a figura 5, pode-se constatar que há uma correlação entre os métodos do molinete e do flutuador que é dada pela expressão $Q_m = 1.242Q_f - 0.0053$ ($R^2 = 0.9398$).

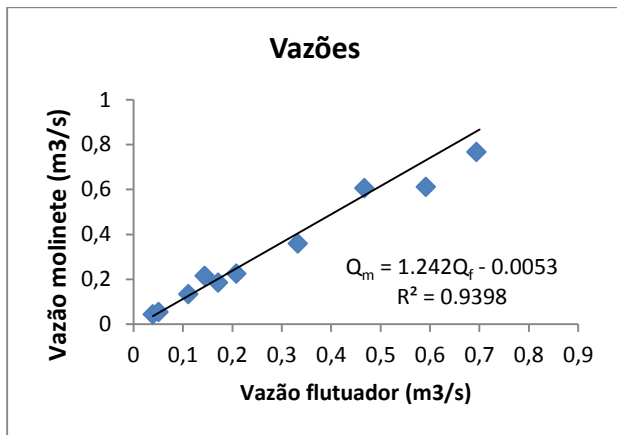


Figura 5: Dispersão dos valores da vazão pelo M.M e M.F no igarapé do Alto Crato nos meses de Agosto a Dezembro de 2011 e de Janeiro a Julho de 2012.

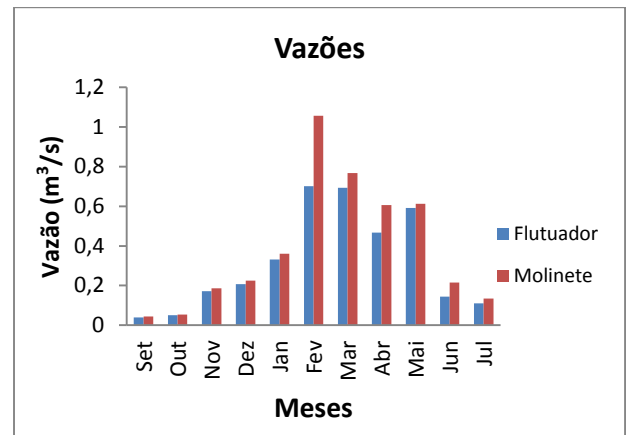


Figura 6: Comparação das vazões pelo M.M e M.F no igarapé do Alto Crato.

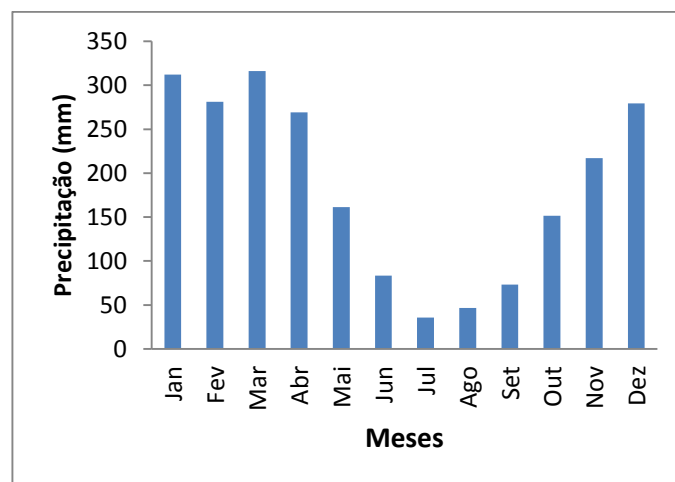


Figura 7: Precipitação média nos meses ao longo de 13 anos, Humaitá – AM. (Fonte: DNAEE).

Os três igarapés apresentaram seus picos máximos de vazão no mês de Janeiro, em detrimento dos rios amazônicos estarem em época de cheia, aumentando o seu volume com a contribuição das precipitações. De acordo com a figura 7 pode-se afirmar que a vazão dos igarapés estudados tem uma relação com a precipitação, pois os meses que apresentam maiores vazão coincidem com os meses de maiores precipitações.

5. Conclusões

Comparando os resultados entre os métodos utilizados concluiu-se que o método do flutuador apresentou sempre vazão inferior ao método do molinete. Essa diferença está relacionada à baixa precisão apresentada pelo emprego da técnica flutuadora, o qual está sujeito a vários erros, como por exemplo, influência de pontes, remansos e ventos que retardam o tempo percorrido pelo flutuador provocando alterações significativas nos resultados. Desse modo só é recomendado o uso do mesmo em corpos d'água de pequeno porte e quando não houver outro método mais preciso.

No emprego das técnicas, o molinete apresentou-se mais vantajoso devido a sua melhor precisão e rapidez na operação, porém sua desvantagem é apontada pelo alto custo de aquisição do equipamento.

A técnica flutuadora proporcionou maiores vantagens no que tange praticidade na operação e baixos custos no seu emprego. Quanto sua maior desvantagem é marcada pela sua baixa precisão devido às influências sofridas por vários fatores que interferem nos resultados.

De acordo com os objetivos propostos no projeto, foi possível calcular a vazão pela técnica flutuadora e método do molinete, sendo também avaliadas as vantagens e desvantagens das técnicas empregadas.

6. Referências bibliográficas

BORGES, Alberto de Campos. **Topografia aplicada à Engenharia civil**: vol. 01. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.

BRAGA, Benedito e al. **Introdução à Engenharia Ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável**. 2 ed. São Paulo: Pearson Prentice, 2005.

CARRERA-FERNANDEZ, José; GARRIDO, Raymundo José. **Economia dos recursos hídricos**. Salvador, BA: Edufba, 2002.

COSTA, F. M; BACELLAR, L. A.; SILVA, E. F. **Vertedores portáteis em microbacias de drenagem**. REM – R. Esc Minas, Ouro Preto, 60 (2): 213 – 218, abr. jun, 2007.

CUSTODIO, E.; LLAMAS, M. R. **Hidrologia subterrânea**. Barcelona: Ediciones Omega S. A., 1976. Vol 2. 1157p.

FILHO, Geraldo L.; et al. 5ª Reunião, IMFIA - Universidade da Republica do Uruguai, 11 a 14 de maio de 1999 – < www.efei.com.br>.

GAMARO, Paulo E. M. et al - Relatório Técnico – **Procedimento Padrão para Garantia de Qualidade das Medições de Descarga Líquida com Equipamentos Acústicos Doppler ADCP e ADP** – Grupo de estudos doppler da ABRH, Foz do Iguaçu, fev. de 2006.

