

Ano 7, Vol XII, Número 1, Jun-Jul, 2014, Pág. 8-27

MONITORAMENTO DA VAZÃO EM RIOS DA REGIÃO SUL DO AMAZONAS

**Renei Rocha de Carvalho¹; Rodrigo Tartari²; Vairton Radmann³; Caio Henrique
Patrício Pagani¹.**

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 desenvolvimento e possível degradação das águas. Este estudo teve como objetivos medir a vazão dos seguintes cursos d'água: i) rio Beem km 27 – BR 319, ii) Rio Puruzinho km 20, iii) Rio Crato e iv) rio de primeira ordem afluente do rio Puruzinho, todos localizados na região sul do Amazonas. Foram utilizados métodos distintos de medição da vazão visando avaliar as vantagens e desvantagens das técnicas utilizadas. A exemplo o rio Beem km 27 apresentou vazão média anual de $5,388 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ pelo método do flutuador, ao passo que a vazão pelo método do molinete foi de $5,827 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.

Palavras-Chave – Micro bacias, Vazão de Rios, Sul do Amazonas.

ABSTRACT: The knowledge of the water conditions in river basins in the southern state of Amazonas is an essential tool in water resource management against the current development scenario and possible degradation of the waters. This study aimed to measure the flow of water courses following: i) 27 km river Beem - BR 319, ii) Rio Puruzinho 20 km iii) Rio Crato and iv) first-order tributary of the river Puruzinho River, all located in southern Amazonas. Different methods of flow measurement were used to evaluate the advantages and disadvantages of the techniques used. Like the river 27 km Beem had a mean annual flow of $5,388 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ by the float method, while the flow at the vane method was $5,827 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.

Key words - Watersheds, Rivers Flow, Southern Amazonas.

¹ Acadêmicos do Curso de Engenharia Ambiental do Instituto de Educação-Agricultura e Ambiente – IEAA/UFAM.

² Professor Engenheiro Ambiental do Curso de Engenharia Ambiental do Instituto de Educação-Agricultura e Ambiente – IEAA/UFAM e Mestre em Engenharia Química pela UNIOESTE, E-Mail: engrt84@yahoo.com.br.

³ Professor Engenheiro Agrônomo do Instituto de Educação-Agricultura e Ambiente – IEAA/UFAM, Doutorando em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas.

1. INTRODUÇÃO

A água tem sido um bem de extrema importância para o homem desde a descoberta em 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, 2007).

É inquestionável a utilidade e bem que a água representa para o homem sendo o 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 consumo humano. 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, 1999).

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, o que motiva este trabalho e conduz ao objetivo de monitorar rios da região Sul do Amazonas ainda desconhecidos em termos de pesquisa.

Recursos Hídricos

O planeta terra abriga um complexo sistema de organismos vivos, na qual a água é fundamental e insubstituível. Ela constitui um dos elementos físicos mais importantes na composição da paisagem terrestre, interligando fenômenos da atmosfera e da litosfera, favorecendo a vida vegetal, animal e humana a partir da interação com os demais elementos do seu ambiente de drenagem. Este ambiente natural recebe as águas da chuva que modela o relevo pelo escoamento das águas pluviais definindo a bacia hidrográfica, delimitada por divisores topográficos que conduzem os fluxos das águas para um canal principal, promovendo a interação hidrobiogeoquímica (MACHADO *et al.*, 2012).

A hidrologia é a ciência natural que trata da água na terra, sua ocorrência, circulação, transformações, caracterizado por ciclos compreendidos pelos seguintes fenômenos: precipitação, interceptação, infiltração, escoamento superficial e evapotranspiração (TUCCI, 2007). A quantidade de água na terra é praticamente invariável no tempo, modificando-se apenas sua forma substancial e seu estado físico. Do total de água precipitada, uma parte alcança a superfície terrestre, já que na sua queda parte volta a evaporar. Do total que atinge a superfície terrestre, uma parcela que não retorna a atmosfera pela evaporação e evapotranspiração direta, constitui o que se chama de recursos hídricos internos renováveis. Destes recursos, a parcela que não infiltra no solo irá formar o escoamento superficial total dos rios. Em seu percurso, a água estará sujeita a infiltração em material permeável ou a descarga em corpos d'água, alimentando rios, lagos ou a descarga direta nos oceanos. Da água que precipita sobre as áreas continentais, calcula-se que a maior parte se infiltra (60 a 70%), sendo pequena a parcela que escoar superficialmente (30 a 40%), sendo as águas de infiltração importantes processos na regularização das vazões dos rios (BORGHETTI *et al.*, 2004).

Os rios desempenham papel importante no ciclo hidrológico e representa a principal fonte de água doce para suprir as necessidades e atividades econômicas do homem, concentrando quase 50% na América do Sul e 25% na Ásia. O rio Amazonas, maior do mundo, contribui anualmente com 16% da total descarga mundial juntamente com quatro outros maiores rios: Ganges com Brahmaputra, Congo, Yangtze e Orinoco, concentrando 27% de todo o recurso hídrico do planeta (SHIKLOMANOV, 1999).

Do total de água doce existente (34,6 milhões de km³), cerca de 69,8% (24,1 milhões de km³) encontra-se nas geleiras, calotas polares e solos gelados. Dos 30,2% (10,5 milhões de km³), correspondente as águas doce, disponível a utilização em terras emersas, 98,7% (10,34 milhões de km³) correspondem à parcela subterrânea e apenas 0,9% (92 mil de km³) constitui a porção superficial de água doce presente em rios e lagos (SHIKLOMANOV, 1999).

Todos esses volumes detalhados em nível mundial estão irregularmente distribuídos sobre os continentes, o que limita a disponibilidade hídrica social (m³/hab/dia), considerada crítica quando menor que 1.500 m³/hab/ano e abundante quando maior que 20.000 m³/hab/ano, podendo ser considerada a escassez crônica quando menor que 1.500 m³/hab/ano e absolutamente escassa quando menor que 500 m³/hab/ano. Estimativas consideram que até 2025, aproximadamente 2,8 bilhões de habitantes da população mundial projetada, poderá estar vivendo sob condições de disponibilidade hídrica social catastróficamente baixa menor que 1.000 m³/hab/ano (BORGHETTI *et al.*, 2004).

A América do Sul é conhecida pela sua abundância de água doce, sendo de maiores magnitudes as bacias do Amazonas, da Prata e do Orinoco. O Brasil é o país mais rico em abundância de recursos hídricos do mundo, apresentou disponibilidade hídrica social de 3.607 m³/hab para o ano de 2012 (ANA, 2013). No entanto, os volumes de águas estão distribuídos de forma desigual sobre as regiões hidrográficas, sendo concentrado o maior volume de 73,6% na bacia Amazônica (BORGHETTI *et al.*, 2004).

As bacias hidrográficas variam muito de tamanho, desde pequenas bacias com córregos de primeira ordem, até enormes bacias como exemplo a bacia Amazônica com área superior a 6,6 milhões de km² (HOUGHTON *et al.*, 1996). Os termos sub-bacias transmitem a idéia de hierarquia oficialmente definida pela Lei Federal 9.433/97, em seu Capítulo III, Artigo 37. Visando o planejamento e ordenamento territorial dos recursos hídricos, a Resolução 32/2003 fez a classificação da área territorial Brasileira em 12 grandes regiões hidrográficas (Figura 1), conceituada como o espaço compreendido por uma bacia, grupo de bacias ou sub bacias hidrográficas contíguas com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares, com vistas a orientar o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil (SETTI *et al.*, 2000).



Figura 1 - Regiões Hidrográficas Brasileiras

Adaptado de: Anexo I da Resolução 32 de 2003.

Usos Múltiplos Dos Recursos Hídricos

Os usos consuntivos das águas são aqueles que retiram a água de seus mananciais e parte dessas águas retornam as suas fontes de origem. Exemplos são: a agricultura irrigada, o abastecimento humano, a dessedentação de animais, abastecimento industrial, a diluição de efluentes, entre outros (CARRERA-FERNANDES *et al.*, 2003). Segundo ANA (2013), os usos consuntivos da água, são aqueles nos quais há perdas entre o que é derivado e o que retorna ao curso natural, sendo que todos os processos devem ser considerados para a elaboração do balanço hídrico, referente as entradas e retornos que norteia a elaboração do processo de outorga de uso da água. Segundo a ANA (2013), o Brasil está entre os quatro países com maior área potencial para irrigação, embora apenas uma pequena parte seja utilizada. O grande potencial se deve tanto à extensão territorial quanto ao conjunto de fatores físico-climáticos favoráveis ao desenvolvimento da atividade. Apesar da baixa utilização de áreas potencialmente irrigáveis, o setor agrícola é responsável pela maior parte do uso consuntivo da água no Brasil, requerendo maior atenção dos órgãos gestores com vistas ao desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos, em especial frente a investimentos como o do Programa Mais Irrigação, com previsão de investimento de R\$ 10 bilhões em 66 áreas do país nos próximos anos. Cumpre ressaltar ainda a aprovação

da nova Política Nacional de Irrigação em 2013, revogando a antiga política de 1979 e fornecendo um novo marco legal para o desenvolvimento do setor. Em regiões com déficit hídrico a irrigação assume papel primordial no desenvolvimento dos arranjos produtivos, tendo maior uso para o no Rio Uruguai. Embora aumente o uso da água, os investimentos no setor resultam em aumento substancial da produtividade e do valor da produção, diminuindo a pressão pela incorporação de novas áreas para cultivo. Além disso, exigências legais e instrumentos de gestão, como a outorga de direito de uso água, fomentam o aumento da eficiência e a consequente redução do desperdício (ANA, 2013).

A demanda de água para uso humano surge tanto das atividades domésticas, quanto de quaisquer outras atividades interligadas a esta que também exijam água de qualidade, e quantidade suficiente para suprir as necessidades humanas, além da garantia de abastecimento. Esta água de abastecimento é necessária para atender as demandas das cidades, distritos e povoados no consumo doméstico, comercial, público, entre outros. As demandas de água no meio urbano são definidas com base na população e em índices de consumo por habitante (CARRERA-FERNANDES *et al.*, 2003) e pode corresponder até 49% do uso da água na Bacia do Atlântico Sudeste (Tabela 1).

Segundo informações do Censo Demográfico do IBGE de 2010, o País possui 90,88% da população urbana atendida por rede geral de água e 1,76% da população urbana atendida por rede coletora de esgotamento, respectivamente. Esses valores, quando comparados com as informações de 2000, revelam uma manutenção da cobertura de rede de abastecimento de água e um aumento de cerca de 8% da cobertura de rede de esgotamento sanitário no País na última década. A partir destes resultados podemos observar que o País possui um alto índice urbano de cobertura de abastecimento de água. No entanto, os índices de coleta e tratamento de esgotos domésticos urbanos continuam em patamares inferiores. É importante salientar, ainda, que os índices de cobertura de abastecimento de água baseiam-se na existência de rede de água, não significando garantia da oferta hídrica, nem das condições operacionais de tratamento do esgoto coletado (ANA, 2013).

A atividade pecuária exerce altas demandas por água, principalmente em projetos de criação intensa, que tem aumentado muito nos dias atuais devido a alta produtividade, proporcionada por modernas técnicas de manejo de animais confinados e

aumento no tamanho de plantéis (CARRERA-FERNANDES *et al.*, 2003). As bacias que mais dispõe o uso para abastecimento de animais é a Amazônica e Paraguai.

A água é de fundamental em processos industriais, tanto que a primeira providência em projetos de viabilidade de um grande número de fábricas é certificar-se do potencial das fontes de suprimento desse recurso natural. Essa importância decorre do fato de que a água é insubstituível na indústria como: absorvente de calor, agente de limpeza, elemento de transmissão mecânica, produção de vapor, matéria-prima, meio de transporte, processamento de materiais, solvente, uso doméstico na fábrica, como veículo para o despejo de efluentes líquidos, e entre outros (CARRERA-FERNANDES *et al.*, 2003). A indústria brasileira tem buscado equacionar o suprimento de água, perfurando poços profundos e reutilizando a água em seus processos, e, em muitos casos, buscando ajustamentos locais. Técnicas de reuso vêm sendo utilizadas para aumentar a disponibilidade de água para o setor, como é o caso do Projeto Aquapolo, no Polo Petroquímica do ABC paulista, o qual objetiva produzir água industrial de alta qualidade a partir do esgoto doméstico gerado na bacia do ABC paulista, usando membranas de ultrafiltração e osmose reversa, e fornecê-la ao Polo Petroquímica de Capuava, maior consumidor de água potável da região. Esse projeto foi ganhador do Prêmio ANA 2012 na categoria "Empresa" que reduz a produção de poluentes lançados pelo polo e gera uma economia de 1,68 bilhão de litros mensais, equivalente a uma redução de custos de R\$ 33 milhões por ano às empresas clientes do projeto. Áreas com baixa disponibilidade hídrica e alta demanda industrial se beneficiariam de técnicas como essa (ANA, 2013). As bacias do Atlântico Leste, Atlântico Sul e Paraná são as que mais utilizam água destinadas para indústria.

O lançamento, diluição e transporte de efluentes tratados é também uma das formas de se utilizarem as águas de correntes fluviais, inclusive prevista na legislação brasileira que regulamenta o setor. Este uso ocorre em corpos de água superficiais correntes, pelo seu poder diluidor propiciado pela vazão. As atividades mais beneficiadas são o abastecimento humano e industrial. Um aspecto que deve ser levado em consideração é que os efluentes urbanos e industriais poderão ser descartados somente em corpos de água se os seus parâmetros característicos se situarem dentro da regulamentação referente no CONAMA 430/2011 e 357/2005, para cada classe de corpo de água (CARRERA-FERNANDES *et al.*, 2003).

Os usos não consuntivos são os que utilizam a água em seus próprios mananciais sem a necessidade de retirá-la ou, após captada retorna totalmente a seus mananciais. Exemplos são a pesca, o lazer e recreação e a navegação fluvial. A aquicultura é a criação de organismos aquáticos em condições controladas ou semi controladas, principalmente daqueles que podem ser utilizados para alimentação humana, e vem se constituindo na principal estratégia para aumento da oferta de pescado em nível mundial (ANA, 2013). Embora seja um importante uso da água, a pesca não esta sujeita à obtenção da outorga de direito de uso da água. No entanto o produto da pesca tem a vida aquática como seu meio natural, demandando um certo número de requisitos que compõem o padrão de qualidade da água. Além de ser um uso compatível com outros usos da água, a pesca é também uma atividade de muita importância para a economia, sendo responsável por uma grande parcela da produção de alimentos, da geração de empregos, renda, arrecadação de impostos, entre outros benefícios (CARRERA-FERNANDES *et al.*, 2003).

O grande desenvolvimento econômico e a melhoria nas condições financeiras da população, conseqüentemente aumenta o tempo reservado ao lazer, além do aumento no fluxo turístico, faz com que as águas sejam aproveitadas para finalidades de recreação. O uso de reservatórios, rios e lagos, para fins de recreação costumam ser compatível com a maior parte dos demais usos dos recursos hídricos. Tanto quanto a pesca e o abastecimento humano, o uso da água para fins de recreação necessita de água de boa qualidade (CARRERA-FERNANDES *et al.*, 2003).

Segundo o Ministério dos Transportes, o termo hidrovia designa as vias navegáveis interiores que foram balizadas e sinalizadas para uma determinada embarcação tipo, isto é, aquelas que oferecem boas condições de segurança às embarcações, suas cargas e passageiros ou tripulantes e que dispõem de cartas de navegação. As principais hidrovias brasileiras encontram-se nas regiões hidrográficas Amazônica, do Atlântico Nordeste Ocidental, do Parnaíba, do Tocantins, do São Francisco, do Atlântico Sul, do Paraná e do Paraguai (ANA, 2013).

Tabela 1 – Características físicas e de usos das águas nas 12 regiões hidrográficas brasileiras (2010)

Disponibilidade Hídrica	População (Milhões de habitantes)	Usos Consuntivos
-------------------------	--------------------------------------	------------------

Bacias Hidrográficas	Precipitação (mm) anual	Superficial (m ³ /s)	Subterrânea (m ³ /s)	Vazão		Vazão retirada (m ³ /s)	Urbana (%)	Irrigação (%)	Industrial (%)	Rural (%)	Animal (%)
				Urbana	Rural						
Amazônica	2.295	73.748	7.078	7,1	2,6	78,8	33	20	12	03	32
Atlântico Leste	1.018	305	85	11,2	3,8	112,3	31	47	10	04	08
Atlântico Nordeste Oriental	1.761	91,5	86	19,2	4,9	262	23	62	11	02	02
Atlântico Nordeste Ocidental	1.700	320,4	183	3,8	2,5	23,7	48	15	07	12	18
Atlântico Sudeste	1.401	1.145	146	26	2,2	213,7	49	27	20	01	03
Atlântico Sul	1.644	647,4	212	11,8	1,6	295,4	12	66	19	01	02
Paraguai	1.359	782	617	1,88	0,28	30,0	17	32	09	01	41
Paraná	1.543	5.956	1.437	57,1	4,2	736	24	42	28	01	05
Parnaíba	1.064	379	227	2,69	1,46	50,9	16	73	03	03	05
São Francisco	1.003	1.886	355	11	3,3	278,8	11	77	07	01	04
Tocantins	1.774	5.447	604	6,53	2,04	135,6	13	62	08	01	15
Araguaia	1.623	565	400	3,8	2,5	155,4	06	82	06	01	05

Fonte: ANA - Conjuntura dos Recursos Hídricos do Brasil (2013).

A utilização de água para geração de energia elétrica é considerada de uso não consuntivo, mas o aproveitamento hidrelétrico e a operação de plantas termelétricas podem afetar o balanço hídrico de uma bacia hidrográfica ou região hidrográfica. A água possui potencial hidrelétrico a partir da vazão de um manancial (fator hidrológico) e da altura da queda da água (fator topográfico). A capacidade de geração de energia elétrica tem caráter aleatório, tendo em vista que vazões podem sofrer variações sazonais. Assim a disponibilidade de energia hidrelétrica tem também caráter aleatório, estando sujeito a riscos (CARRERA-FERNANDES *et al.*, 2003).

Segundo informações da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), o País possui 1.064 empreendimentos hidrelétricos, sendo 407 centrais de geração hidrelétrica (CGH), 452 pequenas centrais hidrelétricas (PCH) e 205 usinas hidrelétricas (UHE). Os dados sobre a evolução da capacidade de produção de energia elétrica instalada no Brasil, consideradas todas as fontes de energia, revelam que em 2012 houve um acréscimo de 3.972 MW na capacidade total do sistema, sendo 1.843 MW referentes à geração hidroelétrica, incluindo as UHE, PCH e CGH (ANA, 2013).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

O município de Humaitá fica localizado na região sul do Amazonas sob as coordenadas geográficas 07° 30' S e 63° 01' W com altitude média de 58 m e com área territorial de 33213,3 km² como mostra a Figura 2.

Na região de Humaitá além da floresta amazônica destacam-se também as florestas tropicais abertas e densas. As florestas tropicais densas se desenvolvem em função da conjugação de fatores climáticos extremamente favoráveis ao desenvolvimento de atividades biológicas, como abundancia de luminosidade, água e temperatura. As florestas tropicais abertas, por sua vez, são caracterizadas fisionomicamente pela presença de grandes árvores espaçadas, possibilitando a penetração de luz até os estratos inferiores, permitindo o aparecimento de espécies de cipós, palmeiras ou bambu.

Na região ocorre também contato Campo/Floresta. A região dos campos compreende as áreas “Campos de Puciari – Humaitá” e inclui várias formações campestres, onde a vegetação que prevalece é a gramíneo-lenhosa baixa, que se alternam às vezes, pequenas árvores isoladas e galerias florestais ao longo dos rios.

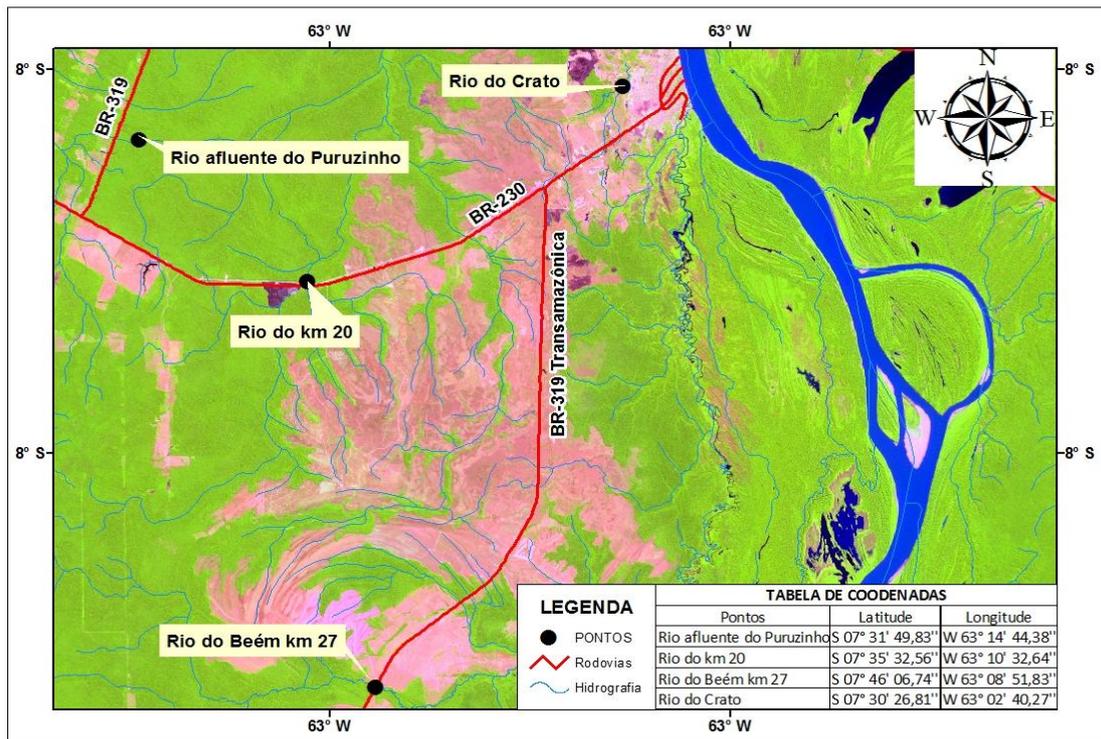


Figura 2 - Mapa da área de estudo no município de Humaitá – AM.

Quanto ao clima regional, caracteriza-se pelo Clima Tropical quente e úmido, durante todo o ano e com insignificante amplitude térmica anual e notável amplitude térmica diurna, especialmente no inverno. Pode ser dividida em clima tropical de período chuvoso com média climatológica da temperatura do ar durante o mês mais frio superior a 18°C (megatérmico), e um período seco bem definido durante a estação de inverno, quando ocorre na região um moderado déficit hídrico, com índices pluviométricos inferiores a 50 mm/mês.

O município de Humaitá possui um clima quente e úmido com duas estações do ano: uma chuvosa “inverno” que vai de outubro a abril e outra de estiagem “verão” que vai de maio a setembro. No meio do ano, às vezes acontece o fenômeno da “friagem” que é uma queda da temperatura provocada pelo deslocamento da Massa de Ar Polar Atlântica. As máximas precipitações acumuladas são registradas em janeiro, fevereiro e março (INMET, 2009).

Foram monitorados, durante o período de um ciclo hidrológico, um total de quatro rios, o rio do Beem localizado no km 27 da BR 319, este rio apresenta-se como rio perene contendo água durante todo o ano, e classificado como rio de primeira ordem, o trecho de monitoramento apresenta a mata ciliar parcialmente preservado. O segundo

rio monitorado foi o do km 20 localizado na BR 320, caracterizado como rio perene e de primeira ordem, este rio atualmente sofre grande interferência por parte da população que utilizam para recreação. O rio do Crato localiza-se dentro da cidade de Humaitá, apresentando intermitência em determinados trechos, suas margens estão bastante degradadas devido à criação de animais e a agricultura. O quarto rio monitorado foi o Rio de primeira ordem afluente do Puruzinho localizado dentro da área do 54° BIS (Quinquagésimo Quarto Batalhão de Infantaria de Selva), apresenta-se como rio intermitente de primeira ordem.

Método do Flutuador

Nas medições utilizando o flutuador, o primeiro passo foi calcular a área do perfil transversal. Com o auxílio de um bastão de madeira acoplada a uma trena, partindo da margem esquerda para direita foram feitas uma série de medidas de profundidades com distancias de 0,50 m entre elas. Os dados obtidos na batimetria da seção do rio foram tabulados no Software Microsoft Office Excel 2007 para gerar a equação que melhor explicou o perfil da seção do canal do rio, para posteriormente calcular a área do perfil e em seguida o cálculo da área foi feito pelo método de integração.

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 lançou-se a garrafa 10 (dez) vezes, distribuídos ao longo da largura do igarapé, e cronometrado o tempo gasto pela garrafa percorrer 10 m, a ser contado a partir do ponto de monitoramento. Após a obtenção das 10 medidas foi calculado a velocidade média por meio da equação 1:

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

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

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

onde: Q = Vazão ($m^3.s^{-1}$), A = Área média da seção (m^2) e V = Velocidade média do escoamento ($m.s^{-1}$).

Método do molinete

Nas medições da vazão pelo método do molinete, foi utilizada a mesma área da seção transversal definida 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 até que a velocidade marcada pelo equipamento estabiliza-se (aproximadamente 30 segundos), em seguida a velocidade média foi inserida na equação (2) para o cálculo da vazão.

Método de dissolução de sal (NaCl)

Para a medição da vazão com dissolução de sal (NaCl), o qual só utilizou-se no rio afluente do Puruzinho, foi utilizado a metodologia descrita por Pineda (2008), onde foi adicionado 2 quilogramas de sal em um recipiente com volume de 50 litros, a mistura foi remexida até ficar homogênea. Em seguida foi medido a condutividade elétrica inicial do rio antes de injetar a solução.

Posteriormente injetou-se a solução instantaneamente no rio a uma distância de aproximadamente 50 m a montante do ponto de medida da condutividade elétrica da água (em μ -siemens), com um condutímetro.

Após a injeção da solução no rio, a condutividade foi medida (Figura 3) a cada 15 segundos, aumentando-se o tempo de medição conforme a concentração de sal no rio diminuía, e terminou quando o valor de concentração retornou ao valor inicial (medido antes de injetar a solução).



Figura 3 - Medição da condutividade elétrica.

A vazão do rio foi obtida através do cálculo utilizando a equação 3:

$$Q = \frac{(C_i - C_b)V_i}{\int_0^{\infty} (C(t) - C_b) dt} \quad (3)$$

Sendo: Q = Vazão (m^3/s); C_i = Concentração do sal na solução; C_b = Concentração do igarapé antes de injetar a solução; $C(t)$ = Concentração no tempo t ; V_i = Volume injetado (m^3).

3. RESULTADOS

Rio Beem km 27 BR 319

A Figura 4 mostra os valores comparativos de vazão, medido no rio do Beem km 27 na BR 319 no sentido Humaitá/Porto Velho, durante um período de 12 meses.

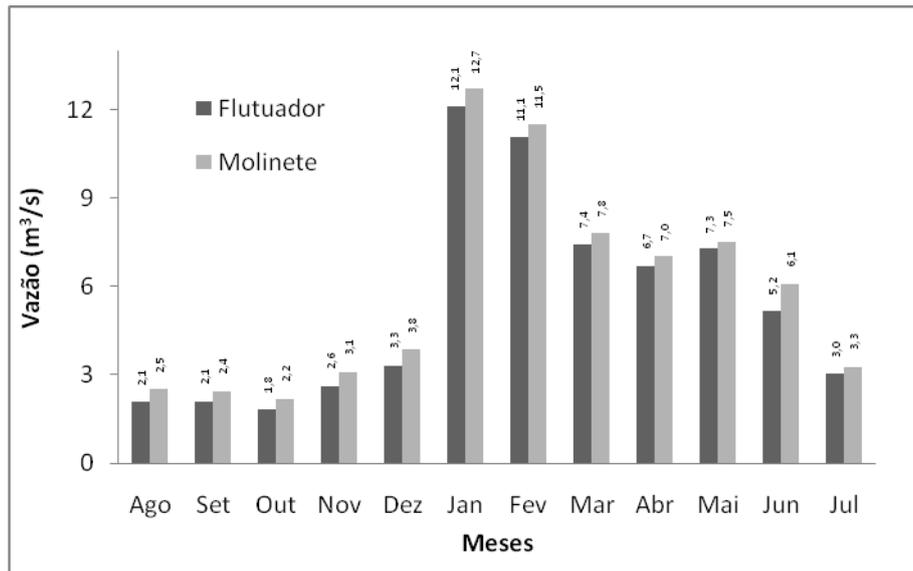


Figura 4 - Comparação das vazões pelo flutuador e molinete no rio Beem km 27 no período de agosto a dezembro de 2011 e de janeiro a julho de 2012.

Rio do km 20 BR 230

A Figura 5 mostra os valores de vazão, medido no rio do km 20 na BR 230 no sentido Humaitá/Lábrea, durante um período de 12 meses.

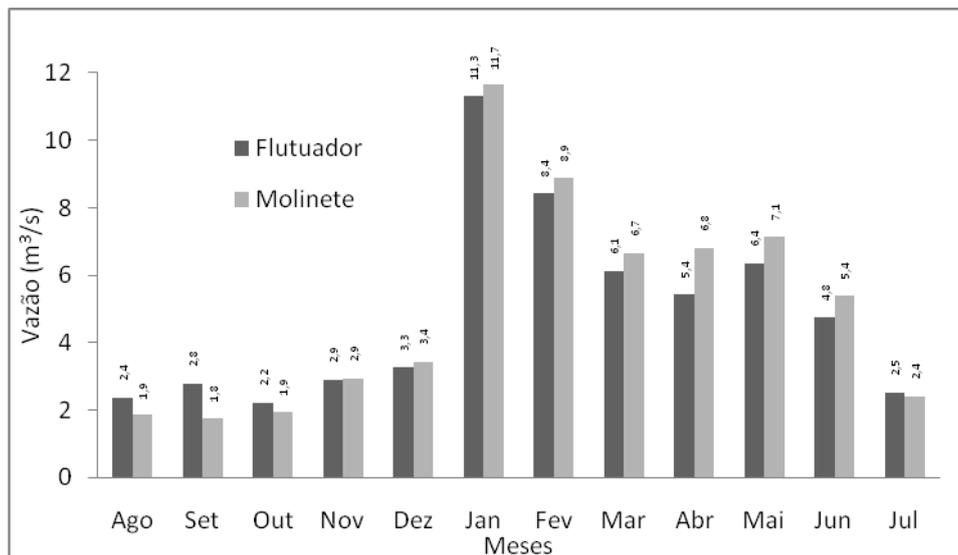


Figura 5 - Comparação das vazões pelo flutuador e molinete no rio do km 20 no período de agosto a dezembro de 2011 e de janeiro a julho de 2012.

Rio do Crato

A Figura 6 mostra os valores de vazão, medido no rio do Crato situado próximo a cidade de Humaitá, durante um período de 12 meses.

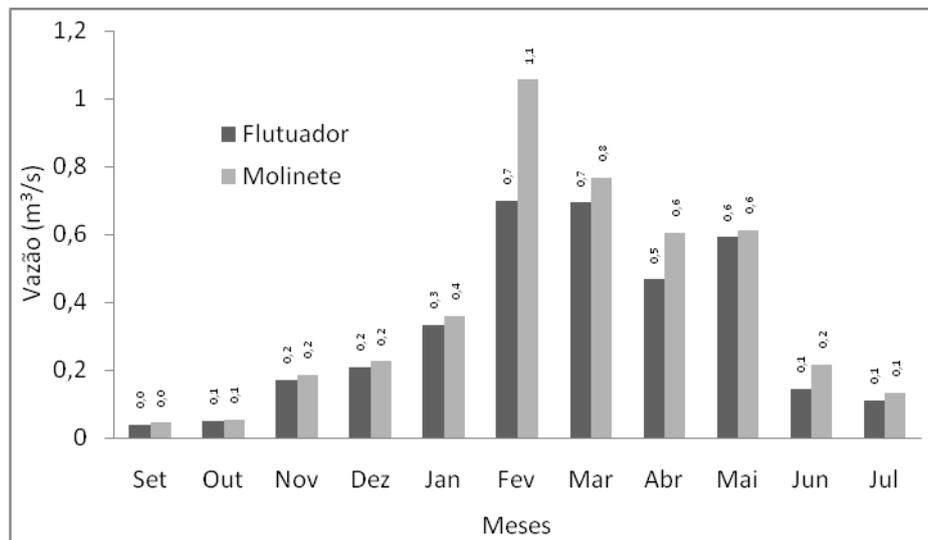


Figura 6 - Comparação das vazões pelo flutuador e molinete no rio do Crato no período de agosto a dezembro de 2011 e de janeiro a julho de 2012.

Rio afluente do Puruzinho

A Figura 7 mostra um comparativo de vazão, medido no Rio de Primeira Ordem Afluente do Puruzinho próximo a torre meteorológica na margem direita da BR 230 no sentido Humaitá/Manaus, durante um período de 6 meses.

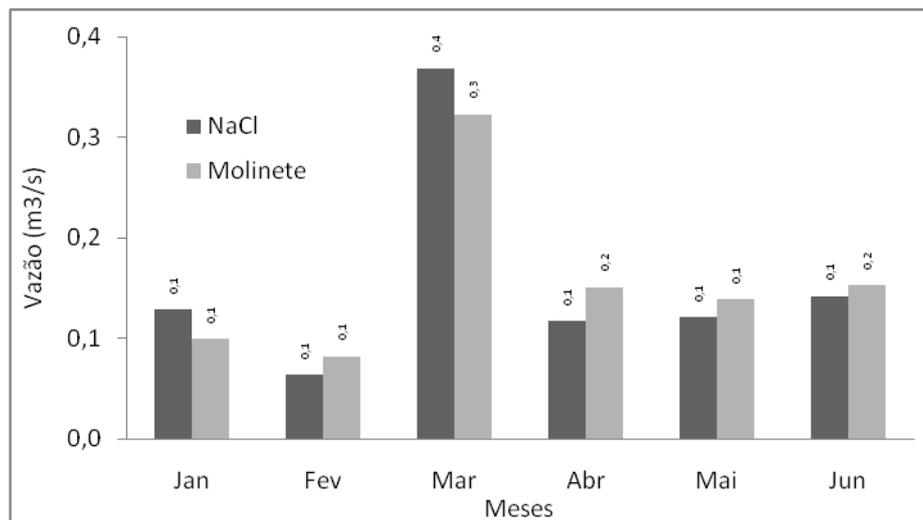


Figura 7 – Comparação da vazão no Rio Afluente do Puruzinho pelos métodos do molinete e dissolução de sal período de janeiro a junho de 2013.

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Conforme a Tabela 1, o rio do Beem km 27 apresentou vazão média anual de $5,388 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ 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, freqüentes em corpos d'água que apresentam corredeiras, podem interferir nas medições de algumas variáveis, como a velocidade, por exemplo.

No rio 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 flutuador.

A Tabela 2 mostra que a vazão média anual do rio do km 20 foi 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.

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 rio. Com isso as medições com o flutuador ficou concentrado no centro do rio, resultando

numa velocidade maior que do molinete, pois a velocidade no centro do rio é maior que quando se aproxima das margens.

De acordo com os resultados da Tabela 3, o rio do Crato 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 anual de $0,296 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ utilizando o flutuador e $0,363 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ usando o molinete.

O quarto rio estudado foi o rio de primeira ordem afluente do Puruzinho, onde este foi monitorado também num período de 12 meses, porém de acordo a Tabela 4 foi possível observar que só houve dados nos meses de janeiro a junho de 2013. Salienta-se que este curso d'água no período seco, sua vazão é zero (Figura 8), ou seja não apresenta escoamento superficial, logo para os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro, não possui dados.



Figura 8 - Rio intermitente no período de seca.

O método de dissolução de sal (NaCl) apresentou vazão média de $0,157 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ enquanto que pelo método do molinete a vazão média foi de $0,158 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.

De acordo com a Figura 4, observou-se que durante o período de monitoramento o pico máximo da vazão registrada ocorreu no mês de março em decorrência de elevadas precipitações horas antes da medição, entretanto esses dados não foram possíveis de obter devido problema ocorrido no pluviômetro instalado na torre meteorológica. Empiricamente, foi possível observar os meses que houve vazão máxima no rio e que

coincide com o período chuvoso amazônico, desse modo a descarga líquida do afluente do Puruzinho é fortemente influenciado pelas precipitações.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Comparando os resultados entre os métodos utilizados nos três primeiros rios monitorados concluiu-se que o método do flutuador apresentou sempre vazão inferior ao método do molinete. Essa diferença está relacionada à baixa precisão apresentada pela 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 marcada pelo alto custo de aquisição do equipamento. A técnica flutuadora proporcionou maiores vantagens no que tange praticidade na operação e baixos custos no emprego. Quanto sua maior desvantagem é marcada pela baixa precisão devido às influências sofridas por vários fatores que interferem nos resultados.

O rio de primeira ordem afluente do Puruzinho apresentou intermitência e não foi possível realizar as medições de vazão durante os doze meses, pois este se trata de um rio que só há escoamento de água durante certo período do ano, ou seja, quando o nível do freático está acima da superfície da calha do rio. O estudo mostrou que só houve escoamento de água durante seis meses do ano.

6. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. *Conjuntura Dos Recursos Hídricos no Brasil*. Brasília. 2013. 432 p.

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

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH. Resolução CONAMA nº 32, de 15 de outubro de 2003.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA. Resolução 357 de 2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA. Resolução N° 430, de 13 de maio de 2011.

BRASIL. LEI N° 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

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

HOUGHTON, T. et al. (Eds.). *Climate change 1995: the science of climate change*. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1996.

MACHADO et al., *Introdução a Hidrogeografia*. Cengage Learning. São Paulo. 2012.

MARTINS, Alessandra da Silva. *Avaliação das águas superficiais sob uso e ocupação na sub-bacia do rio Candeias / RO- Amazônia Ocidental*. Porto Velho, RO, 2009.

PINEDA, L. A. C. *Estudo observacional e de modelagem hidrológica de uma microbacia em floresta não perturbada na Amazônia Central*. São José dos Campos: INPE, 2008. 236p.

PLATAFORMA, *Coleta de dados do INMET*. Disponível em: <www.inmet/pcd.com.br> Acesso em: 15 de abril de 2013.

REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G., *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. Escrituras ed., São Paulo 1999. 717p;

SANTOS, I. dos et al. *Medição de vazão líquida*. In: Hidrometria aplicada. 2.ed. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 2001. p.119-198.

SETTI, Arnaldo Augusto; LIMA, Jorge Enoch FurquimWerneck; CHAVES, Adriana Goretti de Miranda; PEREIRA, Isabella de Castro. *Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos*. 2ª ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2000. 207 p.

SHIKLOMANOV, IGOR. *World water resources at the beginning of the 21 st century: summary of the monograph in world water resources and their use*. State Hydrological Institute, St. Petersburg, Russia & UNESCO, Paris, 1999.

TUCCI, CARLOS E. M. *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. 4 Ed. Editora UFRGS. 2007.

Recebido 4/11/2013. Aceito 20/12/2013.