

ESTIMATIVA DAS VAZÕES MÍNIMAS DE REFERÊNCIA ($Q_{7,10}$, Q_{95} e Q_{90}) ANUAIS E SEMESTRAIS PARA A BACIA DO RIO BRANCO

Thiago Barboza Ribeiro^{1}; Carlossandro Carvalho De Albuquerque²; Luana Lisboa³; Ieda Hortêncio Batista⁴; Eduardo Morgan Uliana⁵.*

RESUMO: A outorga de uso de água prevista na Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) tem como objetivo garantir o controle quantitativo e qualitativo assim como o efetivo direito de acesso aos usuários. Nesse sentido o conhecimento das vazões mínimas de referência é de grande importância para definir os limites outorgáveis. O objetivo do estudo foi estimar as vazões mínimas de referência ($Q_{7,10}$, Q_{95} e Q_{90}) anuais e semestrais na bacia do rio Branco – Roraima. Foi utilizado o software SisCAH 1.0, para gerenciar banco de dados de vazões diárias bem como para o cálculo das vazões mínimas de referência. Ao todo foram estimadas as vazões mínimas de referência ($Q_{7,10}$, Q_{95} e Q_{90}) para quinze estações fluviométricas, pertencentes a Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN). De acordo com os resultados obtidos conclui-se que as estimativas das vazões mínimas na bacia do rio Branco fornecem informações importantes para a tomada de decisão no processo de gestão de recursos hídricos e a adoção das vazões de permanência anuais Q_{95} e Q_{90} como vazão de referência, em substituição a $Q_{7,10}$, permite um aumento de 74,0% e 122,2% respectivamente, na vazão passível de ser outorgada pelos usuários de água, considerando a estação de Caracaraí, no rio Branco.

Palavras-chave: gestão de recursos hídricos, outorga, sazonalidade hídrica.

ESTIMATE THE ANNUAL AND SEMIANNUAL MINIMUM REFERENCE DISCHARGES ($Q_{7,10}$, Q_{95} and Q_{90}) FOR THE BRANCO RIVER WATERSHED

ABSTRACT: The water use grant provided for the National Water Resources Policy from Brazil aims to ensure the quantitative and qualitative control as well the effective right of access to users. In this sense, the knowledge of the minimum reference discharges are of great importance to define the eligible limits for licensing. The objective of this study was to estimate the annual and semiannual minimum reference discharges ($Q_{7,10}$, Q_{95} and Q_{90}) for the Branco river watershed, Roraima State. The software SisCAH 1.0 was used to manage the daily discharges databases as well as to the calculate the minimum reference discharges. The minimum reference discharges ($Q_{7,10}$, Q_{95} and Q_{90}) were estimated for fifteen fluviometric stations of the National Hydrometeorological Network. According to the results obtained, it is concluded that the estimate of the minimum discharges for the Rio Branco watershed provide important information for the decision making process in the water resources management and the adoption of the anual Q_{95} and Q_{90} permanence discharges as reference, in substitution to $Q_{7,10}$, allows an increase of 74% and 122%, respectively, in the discharge rate that can be granted by water users, considering the Caracaraí station in the Rio Branco river.

Keywords – water resources management, water grant, water seasonality.

¹ Bolsista FAPEAM, Mestrando em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - Profágua, UEA, Manaus-AM, thiago.exodo3@gmail.com

² D.Sc. em Geografia, UEA, Manaus-AM, cscarvalho@uea.edu.br

³ D.Sc. em Engenharia Agrícola, CPRM, Manaus-AM, luana.lisboa@cprm.gov.br

⁴ D.Sc em Biologia, UEA, Manaus-AM, ibatista@uea.edu.br

⁵ D.Sc. em Engenharia Agrícola, UFMT, Sinop-MT, morganuliana@ufmt.br

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, com instituição da Lei nº 9.433 de 1997, conhecida como Lei das Águas, é estabelecida a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), que propõe instrumentos para a gestão e regulação dos recursos hídricos no país. Dentre esses instrumentos se destaca a outorga de direito de uso da água, que tem como objetivo garantir o controle quantitativo e qualitativo dos recursos hídricos, assim como o efetivo direito de acesso aos diferentes usuários deste recurso natural.

Por intermédio deste instrumento, é possível aos órgãos gestores dos recursos hídricos controlar os volumes captados, o período em que as captações ocorrem e qual a finalidade, contemplando os usos prioritários e as determinações dos planos de recursos hídricos e dos comitês de bacia hidrográfica (Oliveira e Fioreze, 2011). No entanto, para que a implantação do instrumento da outorga possa ser realizada de maneira mais efetiva, é necessário o conhecimento do comportamento hidrológico das bacias hidrográficas, especificamente na determinação das vazões de referência ao processo decisório (Fioreze e Oliveira, 2010).

Segundo Silva *et al.* (2006), a vazão de referência é o estabelecimento de um valor de vazão que passa a representar o limite superior de utilização da água em um curso d'água e é, também, um dos entraves à implementação de um sistema de outorga. Para Silva e Monteiro (2004), as vazões de referência disponíveis durante maior parte do ano conferem maior segurança à alocação de água, mas podem inibir os usos, enquanto a adoção de vazões de referência menos restritivas pode levar ao desabastecimento de usos outorgados em alguns períodos.

Assim a definição da vazão de referência a ser aplicada depende da garantia de atendimento que se considera para os usos a serem instalados em determinada bacia. As vazões mínimas aplicadas como referência são vazões de elevada permanência no tempo, calculadas de forma estatística, a citar a Q_{95} ou Q_{90} . Se os usos exigem maiores garantias, opta-se por vazões mais conservadoras, como a $Q_{7,10}$. Após definir as vazões de referência, determina-se o percentual máximo a ser alocado para a divisão entre os diversos usos da água na bacia (ANA, 2011).

Dessa forma, o objetivo do estudo foi a determinação das vazões mínimas de referência ($Q_{7,10}$, Q_{95} e Q_{90}) anuais e semestrais na bacia do rio Branco – Roraima, e assim contribuir para definição da vazão mínima de referência e dos limites máximos outorgáveis a serem adotados pelo órgão gestor de recursos hídricos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Branco situa-se na região amazônica, no extremo norte do país, e faz fronteira com a Venezuela e a Guiana, na área delimitada pelas latitudes $05^{\circ}16'30''N$ e $01^{\circ}23'18''S$ e longitudes $59^{\circ}18'27''W$ e $64^{\circ}45'53''W$ (EPE, 2010).

Na Figura 1 é apresentado o mapa de localização da bacia do rio Branco, se confundindo praticamente com o Estado de Roraima em termos territoriais, possui pequena porção que se insere no Estado do Amazonas e no país limítrofe, a Guiana.

O rio Branco percorre quase toda a extensão do Estado, com 548 km de extensão, e é formado pela junção dos rios Tacutu e Uraricoera a cerca de 30 km a montante da cidade de Boa Vista, tendo sua foz na margem esquerda do rio Negro na divisa com o Estado do Amazonas. Além de seus formadores, os principais afluentes da bacia do rio Branco são os rios: Mucajaí, Catrimâni, Anauá, Água Boa do Univini, Cauamé, Surumu, Cotingo e Maú.

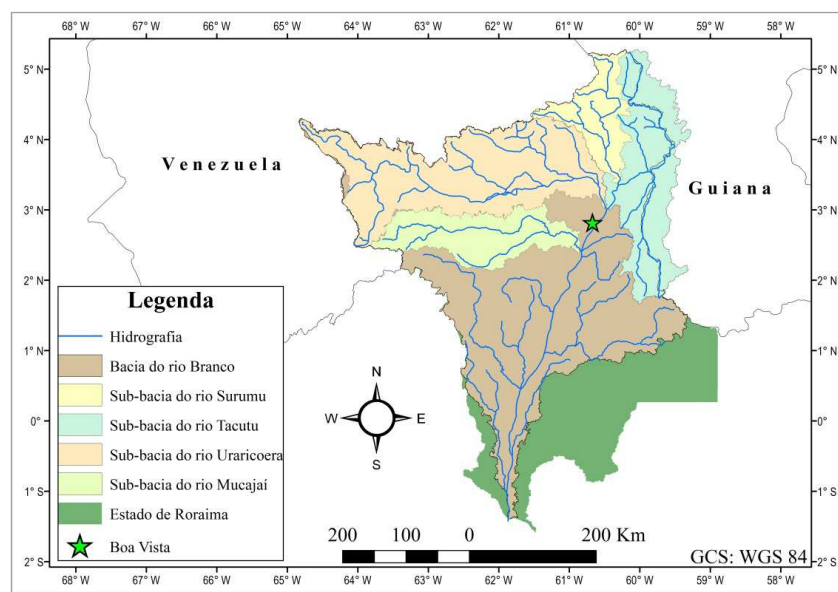


Figura 1. Mapa de localização da bacia do Branco e suas sub-bacias.

Os usos dos recursos hídricos na bacia do rio Branco estão concentrados no eixo noroeste-sudeste, sendo os principais usos: abastecimento público, irrigação, dessedentação de animais (maioria rebanho bovino), piscicultura, transporte hidroviário, turismo e lazer (EPE, 2010).

Foram utilizados dados consistidos de 15 estações fluviométricas (Tabela 1) pertencentes à Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), de responsabilidade da Agência Nacional de Águas (ANA), disponíveis através do Sistema de Informações Hidrológicas (HidroWeb).

Tabela 1. Estações fluviométricas utilizadas no estudo

Código	Nome	Curso d'água	WGS 84		Área (Km ²)	Série histórica	
			Lat.	Long.		Início	Fim
14485000	Missão Auari	Auari	3.98	-64.47	710	1984	1996
14485010	Missão Auaris - Jusante	Auari	4.00	-64.44	621	1995	2005
14488000	Uaicás	Uraricoera	3.55	-63.17	16100	1984	2005
14495000	Fazenda Cajupiranga	Uraricoera	3.44	-61.04	36900	1979	2007
14500000	Mocidade	Uraricoera	3.46	-60.91	43900	1975	2000
14515000	Fazenda Passarão	Uraricoera	3.21	-60.57	50200	1977	2007
14526000	Bonfim	Tacutu	3.38	-59.81	9860	1984	2006
14530000	Vila Surumu	Surumu	4.20	-60.79	2280	1984	2005
14540000	Fazenda Bandeira Branca	Cotingo	4.63	-60.47	3210	1971	2003
14550000	Maloca do Contão	Cotingo	4.17	-60.53	5780	1975	2006
14650000	Posto Funai	Mucajaí	2.73	-62.02	9210	1984	2005
14680001	Fé e Esperança	Mucajaí	2.87	-61.44	12200	1973	2007
14690000	Mucajaí	Mucajaí	2.47	-60.92	19800	1995	2005
14710000	Caracaráí	Branco	1.82	-61.12	126000	1967	2007
14750000	Missão Catrimani	Catrimani	1.75	-62.28	6180	1984	2005

2.2. Estimativa de vazões mínimas de referência

Para estimar as vazões mínimas de sete dias de duração e período de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$), bem como as vazões de permanência (Q_{95} e Q_{90}) utilizou-se o Sistema Computacional para Análises Hidrológicas – SisCAH 1.0, criado pelo Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos (GPRH) da Universidade Federal de Viçosa, disponível em (www.ufv.br/dea/gprh).

Em posse das séries históricas foram manipulados os respectivos bancos de dados, o que permitiu reorganiza-los conforme o período anual e os períodos semestrais definidos, bem como ajustar as estimativas para o ano hidrológico com início no mês de maio.

Após a importação dos dados fez-se o pré-processamento na série histórica de cada estação, excluindo os anos com falhas significativas. Posteriormente ao pré-processamento, para a estimativa da $Q_{7,10}$ determinou-se a série histórica das vazões mínimas com sete dias de duração Q_7 . Em seguida, o software ajusta a melhor distribuição estatística (Weibull, Pearson 3, Logpearson 3, Lognormal 2 e Lognormal 3) a série das vazões mínimas Q_7 . Já para o cálculo das vazões de permanência o software apresenta gráfico com a curva de permanência, a análise de frequências, e os valores para as vazões de permanência (Q_{95} , Q_{90} e Q_{50}).

Optou-se por considerar, além do período anual, os períodos semestrais para fins de avaliação da sazonalidade na disponibilidade hídrica. Com objetivo de dar flexibilidade para os critérios de outorga, em especial no período chuvoso. Para determinação da disponibilidade hídrica sazonal foi necessária identificação dos semestres seco e chuvoso, utilizando-se para tal a metodologia proposta por Marques (2010).

Sendo assim, as vazões estimadas no período seco não serão limitantes para as outorgas no período chuvoso, visto que o órgão gestor pode definir as outorgas conforme o período sazonal, e dessa forma não manter um valor fixo outorgável ao longo do ano, com valores estimados com base anual.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Seguindo metodologia proposta por Marques (2010) para a determinação do ano hidrológico na bacia em estudo, foi realizada análise do padrão de distribuição mensal das vazões específicas médias conforme consta nas Figuras 2, 3 e 4.



Figura 2. Distribuição mensal das vazões específicas máximas.



Figura 3. Distribuição mensal das vazões específicas mínimas.



Figura 4. Distribuição mensal das vazões específicas médias.

Nota-se que apesar de existir variações diárias na magnitude das vazões ao longo do ano, os registros do monitoramento são amortecidos pelas médias. Assim a distribuição anual das vazões médias mensais não é suficiente para definir os intervalos com regime crítico homogêneo.

Por esse motivo, para o estudo, foram estabelecidas duas tendências de disponibilidade hídrica para a bacia do rio Branco ao longo do ano, a de mínimas e a de máximas. Foi adotado o ano hidrológico com início no mês de maio e término no mês de abril do ano seguinte, considerando a análise das vazões específicas máximas, mínimas e médias.

Portanto, pela análise dos critérios sugeridos por Marques (2010) para identificação de períodos sazonais, nota-se que isso reuniu meses com comportamento hidrológico semelhante, considerando a disponibilidade hídrica crítica de mínimas (Q_7). Para a escassez hídrica, período seco com vazões mínimas, as magnitudes de vazões estão próximas da vazão mínima anual, o que se explica pelo período de estiagem de precipitações. Já para a abundância de água na bacia, consequência do período chuvoso com vazões máximas, as vazões observadas foram muito superiores à vazão mínima tradicionalmente estabelecida com base no período anual.

Na Tabela 2 e Figura 5, é demonstrado resultado da análise de frequência anual dos períodos com tendências homogêneas de vazões mínimas Q_7 .

Tabela 2. Análise de frequência da Q_7 anual

Período	Meses	Ocorrências	Percentual
Seco	Novembro	18	5,9%
	Dezembro	32	10,6%
	Janeiro	23	7,6%
	Fevereiro	39	12,9%
	Março	86	28,4%
	Abril	51	16,8%
Chuvoso	Maio	9	3,0%
	Junho	14	4,6%
	Julho	7	2,3%
	Agosto	5	1,7%
	Setembro	6	2,0%
	Outubro	13	4,3%
Total	12	303	100,0%

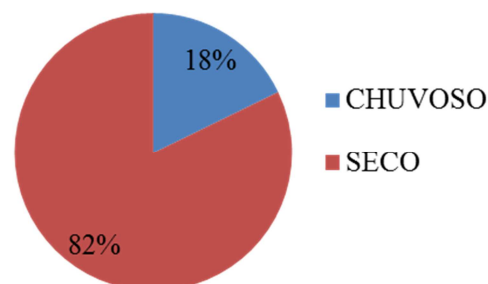


Figura 5. Análise de frequência da Q_7 anual com tendências homogêneas.

Vemos que o período seco ficou definido pelos meses de novembro a abril e o período chuvoso definido de maio a outubro. O período seco concentra 82% das ocorrências de Q_7 anual, portanto, em média há 82% de risco para a ocorrência da semana mais seca do ano nos meses de novembro a abril, enquanto para o período chuvoso ainda há risco de ocorrência da Q_7 anual, porém sua magnitude cai para 18%.

Para as vazões mínimas com base anual, em geral, verificou-se que os valores de $Q_{7,10}$ de todas as estações apresentaram magnitude menor do que as vazões de permanência Q_{95} e Q_{90} , conforme esperado.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados estimados para as vazões mínimas de referência anuais e semestrais, considerando o período da série histórica de cada estação fluviométrica utilizada no estudo. Pela Tabela 3, confirmaram-se as tendências estabelecidas de mínimas e máximas, pois foram comprovadas as variações das vazões mínimas entre os períodos seco e

chuvoso. Ou seja, a tendência de máximas ou período chuvoso apresentou vazões mínimas mais altas que a tendência de mínima ou período seco.

Tabela 3. Vazões mínimas de referência $Q_{7,10}$, Q_{95} e Q_{90} , com periodicidades utilizadas no estudo

Código	Vazões anuais ($m^3.s^{-1}$)			Vazões seco ($m^3.s^{-1}$)			Vazões chuvoso ($m^3.s^{-1}$)		
	$Q_{7,10}$	Q_{95}	Q_{90}	$Q_{7,10}$	Q_{95}	Q_{90}	$Q_{7,10}$	Q_{95}	Q_{90}
14485000	10,36	11,80	13,30	9,52	11,40	11,96	12,97	16,10	18,90
14485010	7,22	11,07	13,90	7,85	9,13	11,07	13,60	19,51	22,91
14488000	102,97	200,00	227,20	143,79	176,00	195,00	195,83	292,80	343,00
14495000	105,49	230,40	299,15	102,06	172,42	234,29	127,82	274,51	441,17
14500000	125,07	279,00	370,00	109,13	191,00	276,00	365,68	540,00	689,50
14515000	144,24	282,13	358,83	151,10	232,33	282,13	352,83	604,93	759,08
14526000	0,48	1,47	1,75	0,15	1,31	1,50	1,01	6,61	15,50
14530000	2,85	4,54	6,86	2,84	4,45	4,56	5,21	12,57	15,31
14540000	5,27	13,00	17,90	5,81	10,00	13,40	12,47	25,80	35,10
14550000	9,85	17,39	21,62	9,00	15,42	17,90	22,83	36,29	46,42
14650000	45,64	64,72	71,80	39,05	51,79	58,57	61,14	110,74	158,78
14680001	30,54	62,60	80,60	30,12	50,60	63,80	89,46	146,00	180,00
14690000	10,74	55,71	82,81	14,66	48,83	57,55	152,36	228,69	312,66
14710000	251,67	438,01	559,16	259,06	362,23	448,54	617,28	1017,92	1334,50
14750000	8,07	20,58	25,88	7,63	14,12	19,90	23,57	49,64	77,80

A variação de $Q_{7,10}$ entre os períodos foi um indicativo da flexibilidade das vazões de referência, pretendida com a adoção dos períodos sazonais em alternativa ao período anual. Correspondendo às expectativas, não houve flexibilidade considerável entre a $Q_{7,10}$ do período seco em comparativo com a $Q_{7,10}$ do período anual, pois foram raros os casos em que a Q_7 anual ocorreu fora do período seco. Como consequência, se observou situações onde a $Q_{7,10}$ do seco teve magnitude maior que a $Q_{7,10}$ anual.

A continuidade de vazões mínimas de referência anuais, é analisada considerando a Tabela 3 e Figura 6:

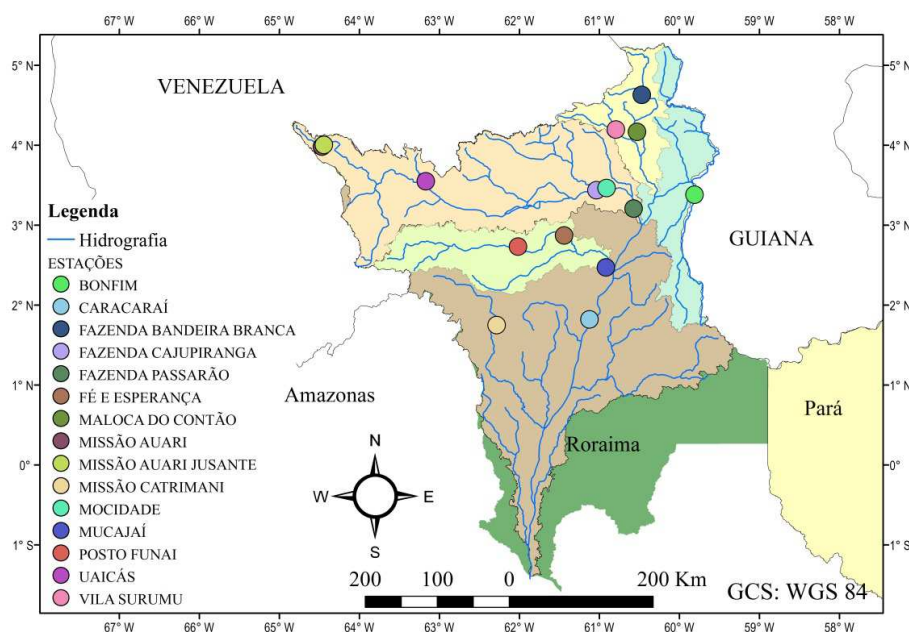


Figura 6. Mapa de localização das estações em estudo.

No rio Uraricoera observa-se que na estação Uaicás (14488000), localizada próximo a cabeceira, e com menor área de drenagem, possui valores de vazões mínimas de referência inferiores, comparados com as vazões de Fazenda Cajupiranga (14459000), Mocidade (14500000) e Fazenda Passarão (14515000) a jusante. O que expressa continuidade de vazões com o aumento das áreas de drenagem.

No rio Mucajaí, observou-se diminuição da $Q_{7,10}$ e da Q_{95} no sentido da foz do rio, ou seja, a partir da estação Posto Funai (14650000), Fé Esperança (14680001) e Mucajaí (14690000), mesmo com aumento da área de drenagem. Para a vazão de permanência Q_{90} o comportamento foi de aumento das vazões no sentido da foz, como o esperado, uma vez que a área de contribuição aumenta.

Esse fato das vazões $Q_{7,10}$ e da Q_{95} serem maiores nas estações de cabeceira pode ser justificado em função da geologia local e da recarga dos aquíferos. Ou em partes pela qualidade das séries históricas, não representando os processos hidrológicos da bacia.

No rio Cotingo, observou-se aumento das vazões, tanto da $Q_{7,10}$ como para as vazões de permanência. Visto serem os valores para a estação Fazenda Bandeira Branca (14540000), inferiores aos observados na estação Maloca do Contão (14550000) localizada a jusante do curso d'água e com área de drenagem superior.

Observa-se que no rio Branco existe apenas uma estação – Caracará (14710000) com dados de vazão diária. As estações de Boa Vista (14620000) e Santa Maria do Boiaçu (14790000) presentes no mesmo curso d'água apresentam apenas informações de cotas entre outros. Enfatiza-se dessa forma, a carência de informações de vazão diária no principal rio da bacia.

A flexibilidade sazonal da Q_7 e $Q_{7,10}$ para a bacia do Branco foi avaliada comparando os valores estimados para os dois semestres definidos, com os valores estimados com base em periodicidade anual, como demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4. Variações percentuais para as vazões mínimas de referência $Q_{7,10}$, Q_{95} e Q_{90} com base anual e com base sazonal chuvosa

Código	Nome	Variações percentuais (chuvoso – anual)		
		$Q_{7,10}$	Q_{95}	Q_{90}
14485000	Missão Auari	25,2%	36,4%	42,1%
14485010	Missão Auaris - Jusante	88,4%	76,2%	64,8%
14488000	Uaicás	90,2%	46,4%	51,0%
14495000	Fazenda Cajupiranga	21,2%	19,1%	47,5%
14500000	Mocidade	192,4%	93,5%	86,4%
14515000	Fazenda Passarão	144,6%	114,4%	111,5%
14526000	Bonfim	111,7%	349,7%	785,7%
14530000	Vila Surumu	82,8%	176,9%	123,2%
14540000	Fazenda Bandeira Branca	136,6%	98,5%	96,1%
14550000	Maloca Do Contão	131,8%	108,7%	114,7%
14650000	Posto Funai	34,0%	71,1%	121,1%
14680001	Fé e Esperança	192,9%	133,2%	123,3%
14690000	Mucajaí	1318,6%	310,5%	277,6%
14710000	Caracará	145,3%	132,4%	138,7%
14750000	Missão Catrimani	192,1%	141,2%	200,6%

A flexibilidade hídrica proporcionada pelo período chuvoso (Tabela 4), em comparativo com o período anual foi bem mais significativa.

4. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados apresentados conclui-se que:

- Para uma efetiva gestão e regulação da água em uma bacia hidrográfica é imprescindível o conhecimento da disponibilidade hídrica ao longo do tempo.
- As estimativas das vazões mínimas na bacia do rio Branco fornecem informações importantes para a tomada de decisão no processo de outorga dos recursos hídricos.
- O gestor de recursos hídricos pode manejar os valores outorgáveis conforme a disponibilidade hídrica para os períodos sazonais definidos no estudo.
- A adoção das vazões de permanência anuais Q_{95} e Q_{90} como vazão de referência, em substituição a $Q_{7,10}$, aumenta em 74,0% e 122,2% respectivamente, a vazão passível de ser outorgada pelos usuários de água, considerando a estação de Caracaraí (14710000), no rio Branco..
- Considerando o mesmo posto fluviométrico, a adoção das vazões mínimas de referência no período chuvoso $Q_{7,10}$, Q_{95} e Q_{90} , em substituição às vazões mínimas de referência considerando periodicidade anual, permite aumentos percentuais de 145,3%; 132,4%; e 138,7% respectivamente.
- Constatou-se comportamento atípico no rio Mucajaí, com diminuição da $Q_{7,10}$ no sentido da nascente para foz.

5. AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM); Agência Nacional de Águas (ANA); E a Universidade do Estado do Amazonas (UEA).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA - Agência Nacional de Águas (2011). Outorga de direito de uso dos recursos hídricos. Cadernos de capacitação em recursos hídricos; v.1 vol.6. 50 p.
- EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Bacia Hidrográfica do rio Branco – Estudos de Inventário Hidrelétrico. Relatório Final. 2010.
- FIOREZE, A. P.; OLIVEIRA, L. F. C (2010). Usos dos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santa Bárbara, Goiás, Brasil. Pesquisa Agropecuária Tropical, v.40, n.1, p.28-35.
- MARQUES, F. A. Sistema de Controle Dinâmico para a Gestão dos Usos Múltiplos da Água. 2010. 234 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- OLIVEIRA, L. F.C.; FIOREZE, A, P (2011). Estimativa de vazões mínimas mediante dados pluviométricos na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Bárbara, Goiás. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.15, n.1, p.9 – 15.
- SILVA, A. M.; OLIVEIRA, P. M.; MELLO, C. R.; PIERANGELI, C (2006). Vazões mínimas e de referência para outorga na região do Alto Rio Grande, Minas Gerais. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.10, n.2, p.374–380.
- SILVA, L. M. C.; MONTEIRO, R. A. Outorga de direito de uso de recursos hídricos: uma das possíveis abordagens (2004). In: Machado, C. J. S. (Org.). Gestão de águas doces. Rio de Janeiro: Interciência. Cap. 5, p.135-178.