

CLASSIFICAÇÃO DO FLUXO NO RIO UTILIZANDO A RAZÃO DE FLUXO (Rf), UM NOVO PARÂMETRO PARA ANÁLISE HIDROLÓGICA.

Mário Jorge de Souza Gonçalves¹

¹ Geólogo, PhD, Especialista em Meio Ambiente e Recursos Hídricos no Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos–INEMA, e-mail: mariotaboca@gmail.com. Universidade Federal da Bahia–UFBA: Grupo de Pesquisa OBA-BA e Grupo de Pesquisa NEHMA. Universidade Estadual de Feira de Santana–UEFS: Grupo de Pesquisa GEOLANDS e Laboratório GEOTRÓPICOS

RESUMO

Neste trabalho é apresentado pela primeira vez um novo parâmetro hidrológico, denominado de Razão de Fluxo (Rf), calculado a partir do Maior Valor Extremo Máximo Anual do Período (MaVEMaxAP), o Menor Valor Extremo Máximo Anual do Período (MeVEMaxAP), a Média Extrema Máxima Anual do Período (MEMaxAP), o Menor Valor Extremo Mínimo Anual do Período (MeVEMinAP), o Maior Valor Extremo Mínimo Anual do Período (MaVEMinAP) e a Média Extrema Mínima Anual do Período (MEMinAP). Durante o estudo desenvolvido neste trabalho, algumas estações fluviométricas localizadas em rios brasileiros foram utilizadas para se fazer uma classificação pontual do rio utilizando para isso séries históricas fluviométricas de vazões ou de cotas. A razão de fluxo permite também fazer a evolução do fluxo num rio e mostrar a evolução da permanência hídrica, fazendo um histórico do recurso hídrico numa determinada estação. Desta maneira o método classifica o fluxo do rio na estação amostrada em Excedente, Normal Excedente, Normal Deficitário e Deficitário.

PALAVRAS-CHAVE: Razão de fluxo; Gestão de recursos hídricos; Bacia hidrográfica.

CLASSIFICATION OF FLOW IN RIO USING THE FLOW RATIO (Rf), A NEW PARAMETER FOR ANALYSIS HYDROLOGIC.

ABSTRACT

This work presents for the first time a new hydrological parameter called Flow Ratio (Rf) calculated from the Greater Extreme Value Maximum Period Annual (MaVEMaxAP) the Best Value Maximum Period Annual (MeVEMaxAP) the Middle Extreme Maximum Annual Period (MEMaxAP) the Best Value Period Annual Minimum (MeVEMinAP) the Greater extreme Value Period Annual Minimum (MaVEMinAP) and Extreme Minimum Period Average Annual (MEMinAP). During the study developed in this work some gauged stations located in Brazilian rivers have been used to make a point of using river classification for this fluviometric historical series of flow rates or quotas. The Flow Ratio also allows the evolution of the flow in the river and shows the evolution of water permanence making a history of water resources in a given season. In this way the method classifies the river flow in the sampled station in surplus surplus Normal Normal Underfunded and Underfunded.

KEY WORDS: Flow ratio; Water resources management; Hydrographic basin.

1- INTRODUÇÃO

A importância de se conhecer bem o regime hidrológico de um rio esta diretamente associada com a melhoria da gestão hídrica e do planejamento de obras hidráulicas para geração de energia elétrica ou de obras de arte etc. Desta maneira, aumentar a confiança da análise realizada é a garantia de se fazer um melhor dimensionamento das estruturas e o melhor aproveitamento dos recursos financeiros e do potencial existente. A Razão de Fluxo busca trabalhar com os excedentes e os déficits hídricos compreendendo, respectivamente, os valores verificados acima da média máxima extrema e da média mínima extrema, e os valores verificados abaixo da média máxima extrema e da média mínima extrema. Para expressa nos extremos os excedentes ou déficits hídricos se optou por fazer uma representação gráfica. A representação dos valores extremos associados a uma origem (que corresponde fisicamente às médias máximas e mínimas extremas) se transforma num vértice de triângulo retângulo, no qual se pode calcular áreas de excedentes hídricos e áreas de déficits hídricos. Neste momento surge o questionamento que norteou o cálculo: *Quantas vezes a área do excedente hídrico é maior que a área do déficit hídrico?* A Razão de Fluxo então é a resposta ao questionamento, e indica se existe ou não um equilíbrio sazonal entre as vazões ou cotas. Logo rios temporários possuem grandes razões de fluxo, pois não existe este equilíbrio. Os rios temporários possuem as grandes vazões ou cotas concentradas no período de chuvas, chegando a secar no período de estiagem. De contra partida, rios que possuem vazões equilibradas durante todo o ano possuem o valor da razão de fluxo pequeno.

2 - OBJETIVOS

Conceitua e demonstrar um novo parâmetro hidrológico, denominado de Razão de Fluxo (Rf), calculado a partir de dados hidrológicos extremos. Este novo parâmetro poderá ser usado por gestores de recursos hídricos para avaliar melhor um determinado manancial de forma que se tenha o aumento da confiança para a tomada de decisões técnicas.

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

A Razão do Fluxo (Rf) é o resultado da divisão entre as áreas dos triângulos (S^0/S^1), num eixo cartesiano. O primeiro triângulo (S^0) é formado pelo eixo da abscissa positiva (maior valor máximo extremo anual – média máxima), o eixo da ordenada positiva (maior valor mínimo extremo anual – média mínima) e a reta que uni os pontos sobre os eixos. O segundo triângulo (S^1) é formado pelo eixo da abscissa negativa (menor valor máximo extremo anual – média máxima), o eixo da ordenada negativa (menor valor mínimo extremo anual – média mínima) e a reta que uni os pontos sobre os eixos. Ou seja, $Rf=S^0/S^1$, podendo ser calculada com vazões extremas anuais ou cotas extremas anuais, representa a permanência de vazão numa determinada estação fluviométrica e pode ser utilizado para gerar mapa de regionalização da permanência do fluxo, quando se tem um conjunto de valores de várias estações, porém sugere-se utilizar períodos com no mínimo de 30 anos de dados para se obter resultados mais confiáveis.

O cálculo da razão de fluxo está dividido em duas partes. Na primeira parte do cálculo determinamos para o período analisado: a) o maior valor excedente máximo, que é igual ao maior valor máximo extremo anual – média extrema máxima; b) a média máxima extrema anual ou média extrema máxima; c) o maior valor excedente mínimo, que é igual ao maior valor mínimo extremo anual – média extrema mínima; d) a média mínima extrema anual; e) o menor valor excedente máximo, que é igual ao menor valor máximo extremo anual – média extrema máxima; f) o menor valor excedente mínimo, que é igual ao menor valor mínimo extremo anual – média extrema mínima. Na segunda parte do cálculo, para o período analisado, determinamos as áreas S^0 e S^1 e a razão do fluxo ($Rf = S^0/S^1$). A fórmula da área S^0 pode ser observada abaixo, onde o Cy^0 é o comprimento da ordenada positiva e Cx^0 é o comprimento da abscissa positiva, e a fórmula da área S^1 , onde Cy^1 é o comprimento da ordenada negativa e Cx^1 é o comprimento da abscissa negativa.

A razão de fluxo é um indicador da permanência de vazão na calha de um rio, caracterizando o fluxo na drenagem. Podendo ser calculada com vazões extremas anuais ou cotas extremas anuais. Desta maneira temos:

$$S^0 = ((Cy^0).(Cx^0))/2;$$

$$S^1 = ((Cy^1).(Cx^1))/2;$$

$$Rf = (S^0/S^1).$$

4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

O gráfico da razão de fluxo foi concebido para expressar os excedentes ou déficits nos limites, superior ou inferior, extremos, acima ou abaixo, da série histórica de uma drenagem. Desta maneira podemos numa rápida observação indicar os valores, de vazão ou cota, que excede as médias extremas máximas e mínimas, bem como os valores, de vazão ou cota, que faltam para que no período mais crítico se atinja as médias extremas máximas e mínimas de um determinado período analisado de uma série de dados fluviométricos.

Para construir o gráfico da razão de fluxo temos que construir quadro de valores dos pontos para serem lançados no plano cartesiano. Ilustrando a construção temos o Quadro 1.

A figura 1 exemplifica as áreas S^0 e S^1 utilizadas para o cálculo da razão de fluxo onde na ordenada, temos Cy^0 no eixo positivo e Cy^1 no eixo negativo, na abscissa temos Cx^0 no eixo positivo e Cx^1 no eixo negativo.

Quadro 1 - Disposição dos valores das ordenadas e abscissas.

	x	Y	
Maior valor superior à média máxima Menor valor inferior à média máxima	0	Cy^0	Maior valor superior à média mínima
	0	Cy^1	Menor valor inferior à média mínima
	Cx^0	0	
	Cx^1	0	

Fonte: Produção própria do autor.

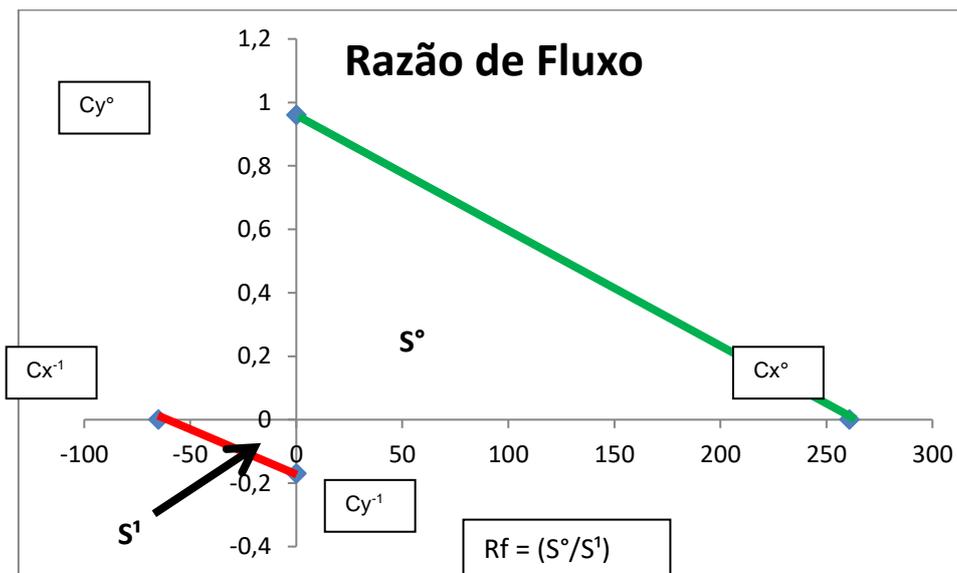


Figura 1 – Exemplo de áreas utilizadas no cálculo da razão de fluxo. Fonte: Produção própria do autor.

A construção do Quadro 2 com várias estações fluviométricas utilizadas na conceituação da Razão de Fluxo ajudou a avaliar e determinar os intervalos que limitam a mudança entre as classes posteriormente definidas. Desta maneira foram utilizados dados relativos às estações presentes em rios perenes (1) e temporários (3) para se puder compreender o comportamento do fluxo nos extremos. A compreensão do fluxo na interface intermediária foi realizada utilizando drenagens perenes que em determinada

época do ano diminuem bastante sua vazão (2), mas não chegam a secar. O Quadro 2 mostra algumas das estações utilizadas e o seu comportamento no estudo.

Quadro 2: Estações fluviométricas e rios com seu comportamento hidrológico, utilizados nos trabalhos de conceituação da classificação do fluxo do rio.

Nome do rio	Estações	Comportamento
Amazonas	17050001	Perene (1)
Tocantins	29100000	
	29200000	
Paraíba do Sul	58974000	
Do Meio	45740001	
Grande	46675000	
Preto	46830000	
São Francisco	49775000	
	49740000	
	49660000	
Correntina	45590000	
Paraguaçu	51280000	Perene com redução acentuada de vazão na Estação analisada (2)
Jequitinhonha	54950000	
Salitre	4790000	
Jacuípe	51410000	Temporário (3)
	51440000	
Verde	47236000	
	47249000	
Contas	52270000	
	52831000	

Fonte: Produção do próprio autor.

Escolhidas as estações no Quadro 2 se construiu a TABELA 1, no qual consta o Maior Valor Extremo Máximo Anual do Período (MaVEMaxAP), o Menor Valor Extremo Máximo Anual do Período (MeVEMaxAP) e a Média Extrema Máxima Anual do Período (MEMaxAP). O Maior Valor Extremo Máximo Anual (MaVEMaxAP) é obtido analisando mês a mês dentro do ano estudado e depois compara-se os meses para achar o maior valor anual, após se achar todos os valores anuais faz-se uma nova comparação e se obtém o maior valor procurado. O Menor Valor Extremo Máximo Anual do Período (MeVEMaxAP) é obtido analisando os valores máximos anuais para achar o menor valor anual, entre os valores máximos. A Média Extrema Máxima Anual do Período (MEMaxAP) é calculada com todos os valores extremos máximos anuais do período analisado.

Tabela 1: Valores de vazão e cotas máximos em diversas bacias hidrográficas, no período analisado.

Bacia Hidrográfica	Rio _Estação: Período	MaVE MaxAP	MeVE MaxAP	ME MaxAP
Amazonas	Amazonas-Óbidos (17050001): 1968-2013	291.900 m ³ s ⁻¹	190.150 m ³ s ⁻¹	245.417, 1 m ³ s ⁻¹
Tocantins	Tocantins-Itupiranga (29100000): 1977-2012	67.340 m ³ s ⁻¹	16.140 m ³ s ⁻¹	30.519,6 m ³ s ⁻¹
Tocantins	Itacaiunas -Fazenda Alegre (29200000): 1970- 2012	3994,8 m ³ s ⁻¹	208,2 m ³ s ⁻¹	1.918 m ³ s ⁻¹
São Francisco	São Francisco -Penedo (49740000): 1927-2013	704 cm	262 cm	410,5 cm
São Francisco	São Francisco-Brejo Grande (49775000): 1979-2013	925 cm	397 cm	470,7 cm
São Francisco	São Francisco-Traipu (49660000): 1977-2013	9.111,82 m ³ s ⁻¹	2.178,62 m ³ s ⁻¹	4.601,99 m ³ s ⁻¹
São Francisco	São Francisco-Morpará (46360000):	17.934	599,25	1.085,07

	1955-2013	$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
São Francisco	Grande-Fazenda Macambira (46675000): 1964-2013	456 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	216 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	320,23 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
São Francisco	Preto-Ibipetuba (46830000): 1940-2013	506,60 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	106,03 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	184,35 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
São Francisco	Verde-Rio Verde II (47249000): 1977-2013	326 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	0,02 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	53,5 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
São Francisco	Verde-Fazenda Refrigério Jusante (47236000): 1977-2008	134 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	1,26 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	28,64 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
São Francisco	Correntina-Correntina (45590000): 1977-2013	109,73 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	37,21 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	55,54 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
Contas	Contas-Santo Antônio (5227000): 1935-2013	2516,6 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	34,5 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	415,6 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
Contas	Contas-Ubaitaba (52831000): 1988-2013	4670,3 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	165,9 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	1210,2 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
Paraguaçu	Paraguaçu-Iaçú (51280000): 1930-2013	1884,5 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	105 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	647,7 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
Paraguaçu	Jacuípe-Riachão do Jacuípe (51440000): 1966-2012	1936,7 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	2,1 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	175,3 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
Jequitinhonha	Jequitinhonha-Itapebi (54950000): 1936-2013	7.000 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	1.004,7 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	3.101,9 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$

Paraíba do Sul	Paraíba do Sul-Campos Ponte Municipal (58974000): 1934-2013	8.376 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	1.489,4 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	3.619,43 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
-----------------------	---	-------------------------------------	---------------------------------------	--

Fonte dos dados: BRASIL, 2014. Produção própria do autor.

Escolhidas as estações no Quadro 2 se construiu também a TABELA 2, no qual consta o Menor Valor Extremo Mínimo Anual do Período (MeVEMinAP), o Maior Valor Extremo Mínimo Anual do Período (MaVEMinAP) e a Média Extrema Mínima Anual do Período (MEMinAP). O Menor Valor Extremo Mínimo Anual do Período (MeVEMinAP) é obtido analisando mês a mês dentro do ano estudado e depois compara-se os meses para achar o menor valor anual, após se achar todos os valores anuais faz-se uma nova comparação e se obtém o menor valor procurado. O Maior Valor Extremo Mínimo Anual do Período (MaVEMinAP) é obtido analisando os valores mínimos anuais para achar o maior valor anual, entre os valores mínimos. A Média Extrema Mínima Anual do Período (MEMinAP) é calculada com todos os valores extremos mínimos anuais do período analisado.

Tabela 2: Valores de vazão e cotas mínimos em diversas bacias hidrográficas, no período analisado.

Bacia Hidrográfica	Rio _Estação: Período	MaVE MinAP	MeVE MinAP	ME MinAP
Amazonas	Amazonas-Óbidos (17050001): 1968-2013	131.620 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	72.380 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	99.071,6 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
Tocantins	Tocantins-Itupiranga (29100000): 1977-2012	5.635 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	1.658 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	2.914 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
Tocantins	Itacaiunas -Fazenda Alegre (29200000): 1970-2012	357,2 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	12,1 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	76,7 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
São Francisco	São Francisco -Penedo (49740000): 1927-2013	190 cm	20 cm	119,6 cm
São Francisco	São Francisco-Brejo Grande (49775000): 1979-2013	300 cm	175 cm	263,6 cm
São Francisco	São Francisco-Traipu (49660000):	1.780,42	904,18	1.363,26

	1977-2013	$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
São Francisco	São Francisco-Morpará (46360000): 1955-2013	1621,42 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	599,25 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	1085,07 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
São Francisco	Grande-Fazenda Macambira (46675000): 1964-2013	170,54 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	100,87 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	128,81 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
São Francisco	Preto-Ibipetuba (46830000): 1940-2013	82,28 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	55,93 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	68,46 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
São Francisco	Verde-Rio Verde II (47249000): 1977-2013	1,13 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	0 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	0,17 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
São Francisco	Verde-Fazenda Refrigério Jusante (47236000): 1977-2008	0,155 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	0 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	0,014 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
São Francisco	Correntina-Correntina (45590000): 1977-2013	29,86 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	21,07 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	24,74 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
Contas	Contas-Santo Antônio (52270000): 1935-2013	8,8 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	0 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	1,4 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
Contas	Contas-Ubaitaba (52831000): 1988-2013	18,2 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	0 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	7,7 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
Paraguaçu	Paraguaçu-Iaçu (51280000): 1930-2013	29,2 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	0,43 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	7,68 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
Paraguaçu	Jacuípe-Riachão do Jacuípe (51440000): 1966-2012	17,51 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	0 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	3,4 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
Jequitinhonha	Jequitinhonha-Itapebi (54950000): 1936-2013	392 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	23,3 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	106,5 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
Paraíba do Sul	Paraíba do Sul-Campos Ponte Municipal (58974000): 1934-2013	549 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	118 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	283,77 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$

Fonte dos dados: BRASIL, 2014. Produção própria do autor.

Uma vez escolhidas as estações foram realizadas os cálculos da razão de fluxo para se avaliar seus valores e consequentemente o comportamento dos rios nas estações.

Usando os dados da Estação Óbidos, no rio Amazonas, vamos fazer o cálculo da razão de fluxo. Para as demais estações serão apresentados apenas o valor da Razão de Fluxo sem a demonstração do cálculo. Na TABELA 3 é possível observar as vazões máximas e mínimas, médias máximas e mínimas para o período de 1968 a 2013, na Estação 17050001 no rio Amazonas, em Óbidos-Pará, onde os valores extremos MeVEMinAP, MaVEMinAP, MeVEMinAP e MaVEMinAP foram colocados em negrito.

Tabela 3 - Valores de vazões máximas e mínimas, médias máximas e mínimas para o período de 1968 a 2013, na Estação 17050001 no rio Amazonas, em Óbidos-Pará.

Ano	Vazão Máxima (m³ s⁻¹)	Média Máxima (m³ s⁻¹)	Vazão Mínima (m³ s⁻¹)	Média Mínima (m³ s⁻¹)
1968	214580	245417,1	115870	99071,6
1970	231240	245417,1	95100	99071,6
1971	256670	245417,1	103250	99071,6
1972	246900	245417,1	110840	99071,6
1973	240920	245417,1	127840	99071,6
1974	253390	245417,1	131620	99071,6
1975	263260	245417,1	107710	99071,6
1976	269560	245417,1	96900	99071,6
1977	248900	245417,1	118100	99071,6
1978	243700	245417,1	115300	99071,6
1979	248100	245417,1	91500	99071,6
1980	190150	245417,1	92400	99071,6
1981	205480	245417,1	89120	99071,6
1982	261590	245417,1	100860	99071,6

1983	193940	245417,1	86660	99071,6
1984	244900	245417,1	108080	99071,6
1985	204800	245417,1	115490	99071,6
1986	238190	245417,1	129820	99071,6
1987	232200	245417,1	93480	99071,6
1988	230860	245417,1	93660	99071,6
1989	274600	245417,1	123780	99071,6
1990	233900	245417,1	83520	99071,6
1991	239950	245417,1	82600	99071,6
1992	194580	245417,1	93120	99071,6
1993	246100	245417,1	108800	99071,6
1994	259540	245417,1	107710	99071,6
1995	226300	245417,1	74580	99071,6
1996	251340	245417,1	106570	99071,6
1997	265780	245417,1	72380	99071,6
1998	211350	245417,1	75040	99071,6
1999	268300	245417,1	90650	99071,6
2000	256260	245417,1	106380	99071,6
2001	249300	245417,1	89800	99071,6
2002	244100	245417,1	93660	99071,6
2003	233140	245417,1	105640	99071,6
2004	244780	245417,1	107330	99071,6
2005	248100	245417,1	72800	99071,6
2006	278900	245417,1	88440	99071,6
2007	248900	245417,1	95460	99071,6
2008	268720	245417,1	104920	99071,6

2009	291900	245417,1	85820	99071,6
2010	247300	245417,1	77120	99071,6
2011	266200	245417,1	90480	99071,6
2012	291900	245417,1	84160	99071,6
2013	283200	245417,1	113860	99071,6
Total	11043770		4458220	
Média	245417,1		99071,6	

Fonte dos dados: BRASIL, 2014. Produção própria do autor.

Cálculo da Razão de Fluxo na Estação 17050001, Óbidos, em Óbidos no Pará.

$S^0 = ((C_y^0) \cdot (C_x^0)) / 2$, onde: $C_y^0 = \mathbf{MaVEMinAP - MEMinAP}$ e $C_x^0 = \mathbf{MaVEMaxAP - MEMaxAP}$

$$S^0 = ((131.620 - 99.071,6) \cdot (291.900 - 245.417,1)) / 2$$

$$S^0 = ((32548,4) \cdot (46482,9)) / 2$$

$$S^0 = \mathbf{756472011,2}$$

$S^1 = ((C_y^1) \cdot (C_x^1)) / 2$, onde: $C_y^1 = \mathbf{MeVEMinAP - MEMinAP}$ e $C_x^1 = \mathbf{MeVEMaxAP - MEMaxAP}$

$$S^1 = ((72.380 - 99.071,6) \cdot (190.150 - 245.417,1)) / 2$$

$$S^1 = ((-26691) \cdot (55267,1)) / 2$$

$$S^1 = \mathbf{737567083,1}$$

$$R_f = (S^0 / S^1)$$

$$R_f = (756472011,2 / 737567083,1)$$

$$R_f = \mathbf{1,02}$$

Os valores das estações 29100000 e 29200000 foram descartados, pois a estação foi inundada com a construção da Represa de Tucuruí. A Estação 51410000 também foi excluída, pois sua série histórica é pequena, menor do que 30 anos. A Estação 4790000 possui vazão num determinado período de $0,01 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, ou seja, no limite entre perene e temporário. A Estação 52831000 possui valor $0,0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ em determinado período de vazão, mas houve recuperação de vazões. A TABELA 4 mostra a relação entre a razão de fluxo e o comportamento hidrológico de vários rios, num determinado período.

Tabela 4: Relação entre a razão de fluxo e o comportamento hidrológico do rio, para vários períodos estudados.

Estação	Período	Razão de Fluxo	Comportamento
17050001	1968_2013	1,0	Perene (1)
58974000	1934_2013	3,6	Perene (1)
45740001	1977_2013	4,0	Perene (1)
46675000	1964_2013	1,9	Perene (1)
46830000	1940_2013	4,5	Perene (1)
49775000	1979_2013	2,5	Perene (1)
49740000	1927_2013	1,4	Perene (1)
49660000	1977_2013	1,7	Perene (1)
45590000	1977_2013	4,1	Perene (1)
51280000	1930_2012	6,9	Perene (2)
54950000	1936_2013	6,4	Perene (2)
47900000	1985_2013	12,2	Perene (2)
51440000	1966_2012	38,8	Temporário (3)
47236000	1977_2007	38,8	Temporário (3)
47249000	1980_2012	31,3	Temporário (3)
52270000	1935_2013	30,8	Temporário (3)
52831000	1988_2012	4,5	Temporário (3)

Fonte: Produção do próprio autor.

Observando os resultados dos Quadros 1 e das Tabelas 1, 2, 3 e 4 foi possível fazer a Classificação do Fluxo no rio em: Excedente, Normal Excedente, Normal Deficitário e Deficitário.

A razão de fluxo é um indicador da permanência de vazão na calha de um rio, caracterizando a drenagem como tendo fluxo excedente ($Rf < 2$), fluxo normal excedente ($2 \geq Rf < 4$), fluxo normal deficitário ($4 \geq Rf < 10$) ou fluxo deficitário ($Rf \geq 10$).

O quadro 3 mostra a classificação do fluxo no rio, baseado no valor da razão de fluxo. Esta análise caracteriza a drenagem na Estação para um período e não apenas o ano hidrológico.

Quadro 3: Resumo da classificação do fluxo no rio baseado na razão de fluxo.

Razão de Fluxo (Rf)	Classificação do Fluxo no Rio
< 2	Excedente
≥ 2 e < 4	Normal Excedente
≥ 4 e < 10	Normal Deficitário
≥ 10	Deficitário

Fonte: Produção do próprio autor.

A evolução da razão de fluxo num rio nos mostra a evolução da permanência hídrica fazendo um histórico do recurso hídrico numa determinada estação. Para este cálculo devem-se utilizar também as médias extremas máximas e mínimas do período disponível. Aconselha-se gerar os gráficos com uma série de dados mínima de 30 anos.

No cálculo da evolução da razão de fluxo devem-se utilizar as médias extremas máximas e mínimas do período em questão. Aconselha-se gerar os gráficos com uma série de dados mínima de 30 anos, descartando a década anterior (ex. 1930-1959, no primeiro cálculo, e 1940-1969, no segundo cálculo, e assim sucessivamente, o cálculo também pode ser realizado anualmente, dependendo do detalhamento que se quer na evolução).

Para realizar este cálculo e gráfico precisamos ter anos hidrológicos com fluxos diversificados. Logo devemos utilizar a média extrema máxima e mínima do período em questão (ex. no cálculo do período 1930-1959 utilizamos as médias do período 1930-1959). Para a geração de mapas devem ser utilizadas várias estações, para se chegar ao resultado com uma interpolação consistente. A evolução da permanência do fluxo pode ser observada na FIGURA 2, nesta figura é possível notar que este rio possui um fluxo normal deficitário a deficitário e que o fluxo no período de 1980-2009 se encontra muito similar ao fluxo encontrado no período de 1930-1959.

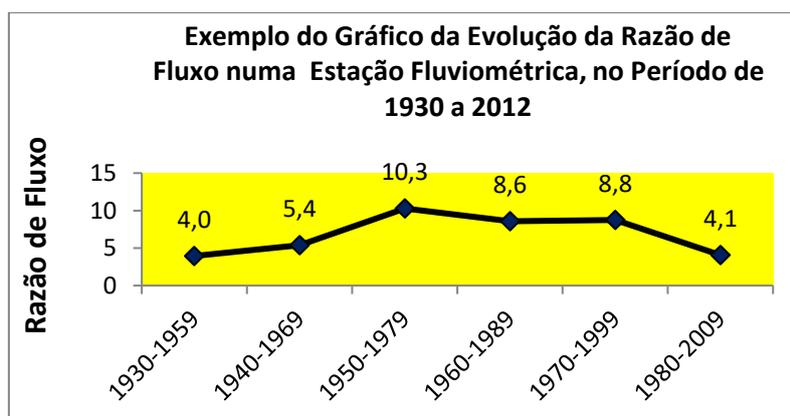


Figura 2: Exemplo da evolução da razão de fluxo numa estação fluviométrica. Fonte: Produção do próprio autor.

5- CONCLUSÕES

Considerando que a maioria das estações brasileiras não tem vazões calculadas, apenas cotas, este método facilita o trabalho de interpretação e análise de dados, pois utiliza cotas ou vazões.

A caracterização do fluxo diz respeito à permanência da vazão no seu leito e não avalia os quantitativos, ou seja, um rio com pequenas vazões constantes pode ter um fluxo excedente e outro rio com grandes vazões e períodos intermitentes pode ter um fluxo deficitário. Entretanto a continuidade das vazões e sua perenidade é um forte indicativo do potencial para implantação de projetos de geração de energia elétrica, de irrigação ou de abastecimento humano. A razão de fluxo de um rio varia ao longo do tempo, desta maneira devem-se fazer atualizações da razão periodicamente subtraindo os dados mais antigos e desta maneira teremos a tendência do fluxo, a qual não é um indicativo do manancial em relação à manutenção, redução ou aumento das vazões, pois a caracterização do fluxo diz respeito à permanência hídrica no leito e não avalia os quantitativos.

O resultado da Tabela 4 mostra que existe variação da razão de fluxo entre rios perenes, temporários e perenes com redução acentuada de vazão, pois a amplitude das vazões mostrou ter forte influência no cálculo da razão de fluxo. As estações com série de dados superiores ou iguais a 30 anos se mostraram mais consistentes.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Agencia Nacional das Águas (ANA). Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em 4 de novembro de 2014.