

INFLUÊNCIA DA DISPONIBILIDADE DE DADOS NA ESTIMATIVA DE PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

Felipe M. P. Mamédio¹; Juan M. Bravo²; Fernando M. Fan³; Rafael Kayser⁴; Mino V. Sorribas⁵; Taison A. Bortolin⁶; Carlos Echeverría⁷; Manuel J. Mahunguana⁸; Eliane Conterato⁹

RESUMO --- O presente estudo avaliou o efeito da disponibilidade espacial e temporal de dados de precipitação na estimativa de precipitação média anual em uma bacia hidrográfica. Bacias hidrográficas de diferentes áreas e com diferentes regimes hidrológicos foram avaliadas. O método utilizado no cálculo da precipitação média espacial foi através da média aritmética, no entanto diferentes procedimentos foram utilizados para o cálculo do valor da média anual em cada posto. O valor da precipitação média anual foi estimado com base em todos os dados de cada posto, com base em apenas o período comum nos postos, com base em médias mensais e diárias, entre outros. Além disso, o efeito do número de postos e localização destes no cálculo da média espacial foi analisado. Os resultados mostraram que o impacto da metodologia de cálculo das médias pode produzir uma diferença de até 10 % com relação à média geral.

Palavras-chave: Precipitação, média, incerteza.

INFLUENCE OF THE AVAILABILITY OF DATA IN THE ESTIMATION OF AVERAGE ANNUAL PRECIPITATION IN WATERSHEDS

ABSTRACT --- In this study was assessed the effect of the spatial and temporal availability of precipitation data in estimating average annual precipitation in a watershed. Several watersheds with different areas and hydrological regimes were evaluated. The method used to derive the spatial average was the arithmetic mean, however different procedures were used for the calculation of the average annual precipitation in each gauge station. The value of the annual average precipitation was estimated on the basis of all the data available, based only the common period in the gauge stations, based on monthly and daily averages, among others. In addition, the effect of the number and location of the gauge stations on the spatial average was analyzed. The results showed the impact of the methodology used to derive the average precipitation can produce a difference of almost 10% with respect to overall average.

Keywords: Precipitation, average, uncertainty.

¹ Mestrando do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) – UFRGS (fmp_mamedio@hotmail.com)

² Professor adjunto do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) – UFRGS (jumarbra@iph.ufrgs.br)

³ Mestrando do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) – UFRGS (fernando.fan@ufrgs.br)

⁴ Mestrando do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) – UFRGS (rafaelkayser@hotmail.com)

⁵ Doutorando do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) - UFRGS (mino_vs@hotmail.com)

⁶ Mestrando do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) – UFRGS (taisonbortolin@yahoo.com.br)

⁷ Mestrando do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) – UFRGS (echeverriacarlospy@gmail.com)

⁸ Mestrando do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) – UFRGS (mahunguanamanuel@gmail.com)

⁹ Mestranda do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) – UFRGS (eliconterato@hotmail.com)

INTRODUÇÃO

A aleatoriedade dos fenômenos naturais sempre foi um objeto de interesse para o homem, uma vez que, suas ocorrências estão diretamente associadas a fatores sociais, econômicos e ambientais. Buscando mitigar os efeitos negativos desses fenômenos e maximizar os efeitos benéficos, o homem deu início à busca pelo entendimento dos fenômenos naturais, os quais são essenciais para o desenvolvimento da humanidade. Vários são os fenômenos de interesse, dentre eles, as precipitações que ocorrem em determinada área assumem uma grande importância, pois, tal fenômeno, oriundo da circulação da água na atmosfera, está diretamente associado às necessidades da sociedade.

A precipitação é um fenômeno natural que atua no ciclo hidrológico, à medida que corresponde à água presente no meio atmosférico que entra em contato com a superfície terrestre (Tucci *et al.*, 2009). Devido a sua importância, o homem sentiu a necessidade de aprimorar formas de obter a informação da quantidade precipitada sobre determinadas áreas, como forma de entender o clima de uma região e caracterizar a disponibilidade da água, dado que desta variável dependem as vazões dos rios.

O valor pontual da precipitação é tipicamente estimado a partir de pluviômetros e pluviógrafos. Através de pluviômetros é obtido o valor do total diário de precipitação, entre duas leituras sucessivas, tipicamente as 9:00 hs da manhã. Por sua vez, os pluviógrafos permitem a leitura contínua dos dados de precipitação, para diferentes intervalos de tempo, tipicamente de 5 minutos. As informações de precipitação são fundamentais para vários estudos hidrológicos, que vão desde a agricultura até o planejamento urbano.

No entanto, devido aos vários fatores envolvidos na obtenção e distribuição dos dados de precipitação, os mesmos, estão sujeitos a incertezas, as quais são designadas como a imperfeição associada à obtenção dos dados. Tais imperfeições estão normalmente associadas à falta de atenção, treino insuficiente ou falta de perícia do operador, bem como pelas falhas no equipamento utilizado. Além disso, em razão da rede pluviométrica estar sendo implantada ao longo dos anos, muitas vezes encontram-se postos com tamanho da série histórica de dados, distintos para uma mesma bacia. Dessa forma, em muitos casos, encontram-se postos cuja série temporal apresenta diferentes extensões para uma mesma bacia. Analisando esta situação, surge a necessidade de analisar o efeito sobre o valor estimado da precipitação média anual da utilização de séries temporais de diferentes tamanhos, o período de dados escolhido e o número e localização dos postos utilizados na estimativa.

Nesse contexto, o presente estudo buscou avaliar a influência da disponibilidade temporal e espacial de dados na estimativa de precipitações médias em bacias hidrográficas localizadas em diferentes regiões do Brasil.

OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho consiste em verificar a influência da disponibilidade espacial e temporal de dados de precipitação pontual e a forma em que são estimadas as estatísticas das séries temporais no cálculo da precipitação média anual de uma bacia hidrográfica.

METODOLOGIA

Caracterização das áreas em estudo

Cinco bacias hidrográficas com áreas variadas foram analisadas apresentando diferente disponibilidade de dados e características temporal e espacial das precipitações. As bacias hidrográficas analisadas correspondem às bacias formadas pelos rios Alcobaça, Carreiro, Ibicuí, Prata e Tesouras, sendo descritas a seguir.

Segundo Sarmiento-Soares *et al.* (2010), o rio Alcobaça, mais conhecido como Itanhém, localiza-se no extremo sul da Bahia, sendo de grande importância para a região, pois, seus 248 km, o tornam o maior manancial em extensão, dentre os formadores de bacia, no extremo sul baiano. Sendo assim, a bacia hidrográfica formada pelo rio Alcobaça abrange 6.163 km². No entanto, o presente estudo considerou a bacia do rio Alcobaça como uma sub-bacia do Extremo Sul baiano, a qual possui duas redes de drenagem e apresenta uma área correspondente a 10.370 km², buscando assim abranger uma rede maior de postos pluviométricos para o estudo. A região da bacia apresenta uma topografia plana na região litorânea, sendo que, alguns municípios apresentam planaltos rebaixados atingindo entre 600 e 800 metros na cabeceira. Foram utilizados dados de 22 estações pluviométricas considerando postos de medição dentro e fora da bacia, porém próximos ao divisor de águas.

A bacia do rio Carreiro corresponde a uma sub-bacia da bacia Hidrográfica Taquari-Antas, a nordeste do estado do Rio Grande do Sul (bacia 86 na classificação da ANA). O rio Carreiro é um dos principais formadores da bacia Taquari-Antas possuindo uma área total de 2.540 km². O rio se caracteriza pelo grande potencial hidroenergético devido as suas características físicas, assim como os outros rios formadores da bacia. O terreno da bacia possui grande variação de altitude. Sua nascente encontra-se acima da cota 850 e sua foz abaixo da cota 300. Os dados de precipitação analisados foram obtidos a partir de 11 postos pluviométricos.

O rio Ibicuí é considerado o maior afluente do rio Uruguai, formando uma bacia de aproximadamente 35.439 km². A região da bacia pode ser considerada relativamente plana, com pequena variação espacial de elevação, com exceção de uma pequena parcela na região nordeste da bacia, onde são encontradas altitudes um pouco mais elevadas. Foram obtidos dados de 78 estações pluviométricas considerando postos de medição dentro e postos fora da bacia, porém próximos ao divisor de águas.

A área de estudo correspondente à bacia hidrográfica do Rio da Prata localiza-se na porção nordeste do Estado do Rio Grande do Sul. Na divisão hidrográfica estadual, a bacia se insere na Região Hidrográfica do Guaíba, enquanto na divisão nacional, a bacia se localiza na região hidrográfica número 12, conhecida como Atlântico Sul. A bacia do Rio da Prata possui uma área de, aproximadamente, 3.700 km². Considerando postos em

uma região de influência de até 25 km da área da bacia foram selecionados 12 postos pluviométricos no interior e fora da bacia.

A bacia do rio Tesouras encontra-se dentro da bacia do rio Tocantins, no Estado de Goiás. A mesma conta com uma área superficial de, aproximadamente, 2.700 km², e a longitude do rio de aproximadamente 140 quilômetros. Sendo assim, a bacia do rio Tesouras, apresenta 9 postos pluviométricos de interesse para análise dessa bacia.

Procedimento

Para os cálculos de precipitação média anual na bacia foram utilizados dados pontuais de precipitação, provindo de pluviômetros, em intervalo diário, disponibilizados pela ANA, através do portal Hidroweb (<http://hidroweb.ana.gov.br/>).

A partir dos dados destas estações, para cada região de análise, a precipitação média anual em cada bacia hidrográfica foi estimada através da média aritmética dos valores obtidos em cada posto. No entanto, o número de postos foi variado com o objetivo de avaliar o efeito da disponibilidade espacial dos dados no resultado final. Além disso, diferentes procedimentos foram utilizados no cálculo do valor da precipitação média anual em cada posto, conforme descrito a seguir:

1. Cálculo da precipitação média anual de cada posto, incluindo todos os dados de cada posto, e posteriormente a média da bacia;
2. Cálculo da precipitação média anual usando apenas os períodos comuns no conjunto de postos, e posteriormente a média da bacia;
3. Cálculo da precipitação média de cada dia do ano utilizando todos os postos, e posterior integração para obtenção da precipitação média anual em cada posto, e posteriormente a média da bacia;
4. Cálculo da precipitação média de cada mês do ano utilizando todos os postos, e posterior integração para obtenção da precipitação média anual;
5. Cálculo da média removendo postos aleatoriamente;
6. Cálculo da média removendo os postos com menos de 20 anos de dados;
7. Cálculo da média removendo os postos com menos de 30 anos de dados;
8. Cálculo da média utilizando somente os postos dentro da bacia; e
9. Cálculo da média considerando extensões de séries de 5, 10, 15 e 20 anos. Foi calculada a média móvel com essas extensões, e a partir dos resultados foi estimada a média, mediana e percentil 10 e 90.

Posteriormente foi feita uma comparação dos resultados obtidos com as diferentes metodologias utilizadas.

Adicionalmente, para facilitar o manejo dos dados hidrológicos foi utilizado o programa Manejo de Dados Hidroweb, o qual também facilita a análise da disponibilidade temporal dos dados de precipitação (Fan & Collischonn, 2009).

RESULTADOS

Os resultados encontrados para as diferentes formas de cálculo da precipitação média anual nas bacias em estudo são apresentados na Tabela 1 e na Tabela 2.

Tabela 1 - Cálculo das medias anuais seguindo os critérios estabelecidos nos métodos desse estudo

Precipitações Médias por Diferentes Formas (mm)	Bacias					
	Alcobaça	Carreiro	Ibicuí	Prata	Tesouras	
Média anual de cada posto e posteriormente da média da bacia	1168	1717	1526	1578	1650	
Média usando apenas os períodos comuns em cada posto	1166	1647	1625	1601	1634	
Média de cada dia do ano utilizando todos os postos, posterior integração	1175	1698	1540	1575	1651	
Média de cada mês do ano utilizando todos os postos, posterior integração	1176		1485	1573	1642	
Média removendo os postos com menos de 20 anos de dados	1192	1675	1596	1586	1674	
Média removendo os postos com menos de 30 anos de dados	1196	1669	1625	1620	1650	
Valor mínimo das médias por bacia	Média Geral	1181	1672	1574	1591	1650
Valor máximo das médias por bacia	Desvio Padrão	12	27	58	18	13

Tabela 2 - Alteração da média conforme a escolha dos postos

Precipitações Médias por Diferentes Formas (mm)	Bacias				
	Alcobaça	Carreiro	Ibicuí	Prata	Tesouras
Média removendo postos aleatoriamente	1190	1699	1522	1603	1650
Média utilizando somente os postos dentro da bacia	1270	1729	1518	1552	1674
Valor mínimo das médias por bacia					
Valor máximo das médias por bacia					

O comportamento da série de dados para cada uma das bacias, ao se avaliar diferentes extensões da série temporal utilizada é apresentado da Figura 1 á Figura 5. Dessa forma tem-se uma avaliação da incerteza associada ao utilizar séries curtas de dados.

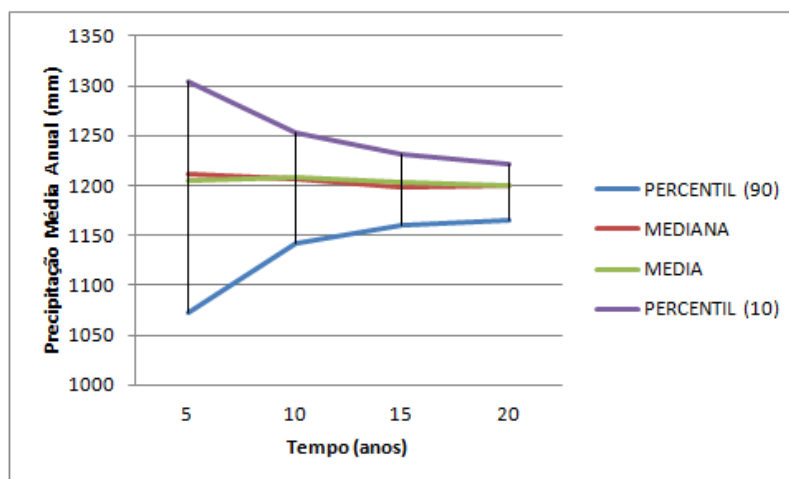


Figura 1 - Resultados da avaliação da incerteza associada ao cálculo da precipitação média anual com períodos mais curtos para a bacia do rio Alcobaça.

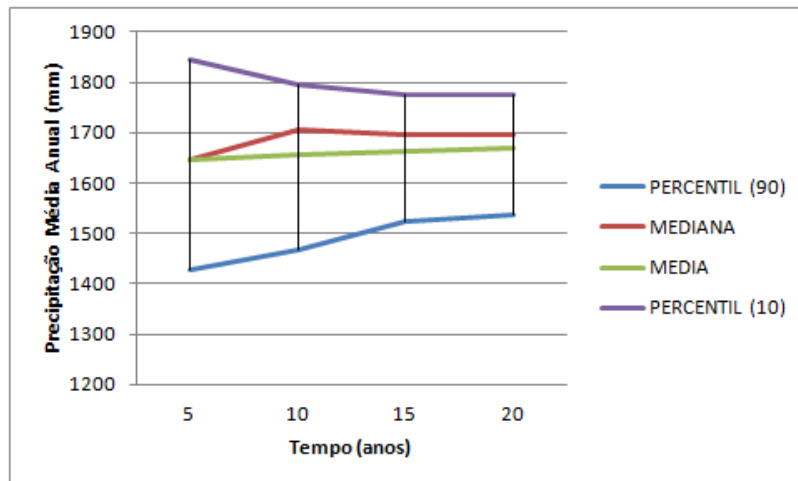


Figura 2 - Resultados da avaliação da incerteza associada ao cálculo da precipitação média anual com períodos mais curtos para a bacia do rio Carreiro.

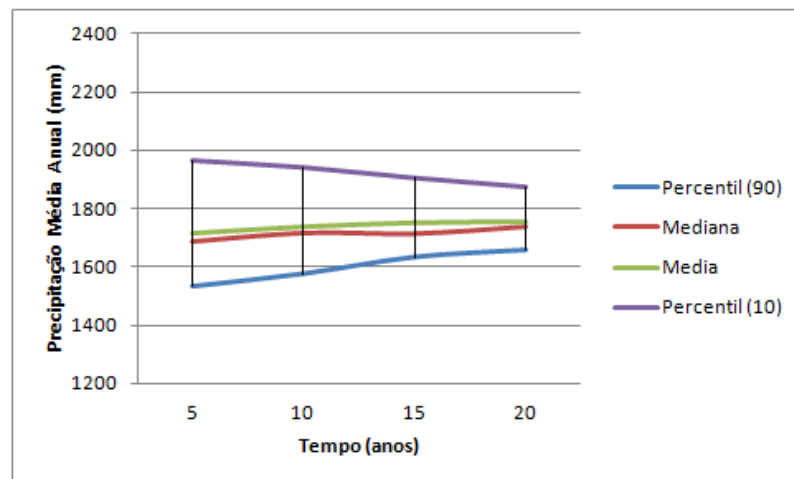


Figura 3 - Resultados da avaliação da incerteza associada ao cálculo da precipitação média anual com períodos mais curtos para a bacia do rio Ibicuí.

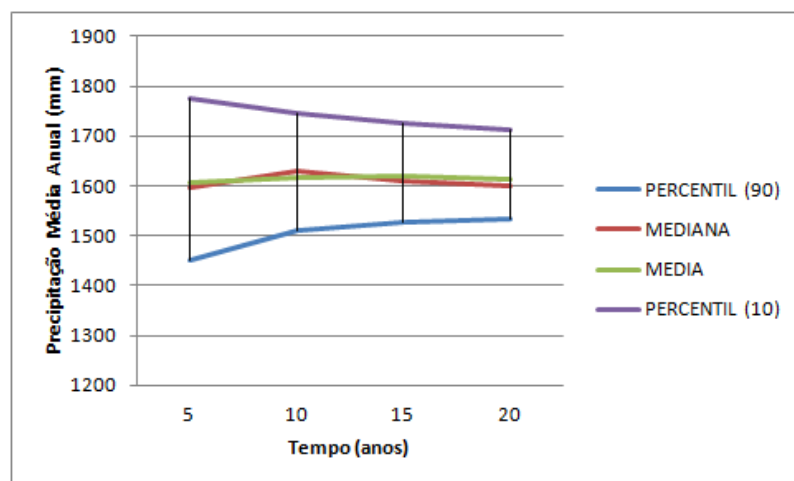


Figura 4 - Resultados da avaliação da incerteza associada ao cálculo da precipitação média anual com períodos mais curtos para a bacia do rio da Prata.

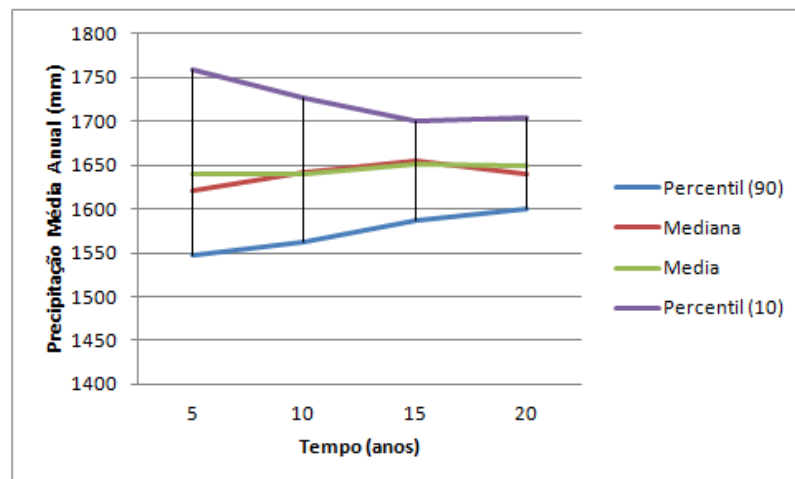


Figura 5 - Resultados da avaliação da incerteza associada ao cálculo da precipitação média anual com períodos mais curtos para a bacia do rio Tesouras.

Nas análises contempladas na Tabela 1 é possível verificar uma leve tendência de subestimar a precipitação média anual da bacia ao considerar apenas os períodos comuns dos postos de chuva, bem como a tendência de superestimar ao considerar apenas postos com uma série longa de dados. Provavelmente os postos com uma série longa de dados compreendem períodos úmidos que não foram contemplados nos postos que apresentam uma série de dados mais curta, destacando assim a importância de utilizar postos que apresentem uma série longa de dados.

Já para análise, apresentada na Tabela 2, de se utilizar apenas os postos inseridos dentro da bacia ou descartar postos aleatoriamente, não houve como chegar a uma conclusão efetiva, sendo necessária a análise de mais regiões. No entanto, foi possível perceber que certas regiões apresentam uma elevada precipitação, enquanto outras possuem valores inferiores, de forma que, a precipitação média anual pode ser subestimada ou superestimada para o entendimento de zonas pontuais, devido a variação espacial da precipitação. Dessa forma métodos que interpoem os dados de precipitação amenizam essa situação, ao mesmo tempo em que embutem incerteza ao considerar a região completa.

A avaliação da incerteza associada ao cálculo da precipitação média anual a partir de séries de dados com períodos curtos, através da média móvel de 5 anos, 10 anos, 15 anos e 20 anos, conforme observado nas Figuras 1-5, informa que, a amplitude entre as estatísticas calculadas diminui conforme mais dados são utilizados para o cálculo da média, ou seja, menor é a incerteza associada ao cálculo da precipitação anual da bacia.

CONCLUSÕES

O presente estudo aponta as incertezas associadas ao efetuar uma atividade baseada na precipitação média anual de uma determinada bacia. As diferentes formas de cálculo da precipitação média anual indicam a importância na escolha dos postos pluviométricos e da extensão das séries temporais que confere uma maior confiabilidade nos resultados. Levando em consideração as várias formas de se obter a média para uma

série de dados da bacia, o presente estudo considerou a média geral obtida através dos critérios propostos na metodologia como referência para identificar quais dos métodos tende a subestimar ou superestimar o valor da média, além da verificação dos resultados obtidos com cada método para diferentes bacias. Por serem bacias distintas, considerou-se que a tendência de um mesmo método, para diferentes bacias, resultar em valores abaixo da média geral, é um indicativo de que o método tende a subestimar os valores da média, e o oposto, decorrente da obtenção de valores acima da média geral com a aplicação de um mesmo método ocorrendo para diferentes bacias indica a tendência do método em superestimar. Já a avaliação da extensão da série de precipitação em períodos curtos e longos, foi contemplada em relação à média dos valores da média móvel.

O fato de calcular o valor médio anual de precipitação a partir de diferentes estatísticas das séries temporais já mostrou que resultados diferentes podem ser obtidos, porém a diferença foi inferior ao 1%. Maiores diferenças foram obtidas quando limitado o uso de postos com séries temporais mais longas, na faixa de 3-4%. Porém, a extensão da série utilizada na estimativa da precipitação média anual mostrou um grande impacto no resultado obtido. Séries curtas, por exemplo, de cinco anos de extensão, mostraram estimativas da precipitação média anual superestimadas ou subestimadas em 10%.

Nesse contexto, a avaliação da disponibilidade de dados, bem como a variabilidade espacial e temporal da precipitação é sempre necessária para compreensão adequada da bacia.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. (2009). *Relatório Conjuntura Recursos Hídricos*. Brasília: ANA/SPR. 206 p.
- FAN, M. F.; COLLISCHONN, W. (2009). *Ferramenta Facilitadora do Trabalho com Dados Hidrológicos Disponibilizados pela ANA*. IX Mostra Científica Internacional. UNIPAMPA, PUCRS e Universidad de La Cuenca del Plata. Uruguiana – RS, Brasil.
- MORENO, J. A. (1961). *Clima do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura. 42p.
- SARMENTO-SOARES, L.M.; MAZZONI, R.; MMARTINS-PINHEIRO, R.F. (2010). *A fauna de peixes na bacia do Rio Itanhém, leste de Minas Gerais e extremo Sul da Bahia*. Pan-american Journal of Aquatic Sciences. Pg. 47-61.
- TUCCI, C. E. M.; SILVEIRA, A. L. L [et al].(2009). *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. 4º Edição, Editora UFRGS. Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH).