

Caracterização dos regimes hidrológicos de bacias hidrográficas presentes na área de atuação da Embrapa Tabuleiros Costeiros, SE

Luan Oliveira Lima¹, Marcus Vinícius Gonçalves de Abreu Porto², Marcus Aurélio Soares Cruz³

Resumo - O estudo de bacias hidrográficas tem se tornado um mecanismo fundamental na gestão estratégica dos recursos hídricos. A região em estudo está inserida na área de atuação da Embrapa Tabuleiros Costeiros, SE, compreendida entre as coordenadas geográficas 2°47'S, 41°26'W e 18°21'S, 34°46'W. Neste trabalho, foram utilizados dados de vazões de referência, variáveis fisiográficas e variáveis climáticas que são informações de suma importância para a caracterização dos regimes hidrológicos de bacias hidrográficas. Foram calculadas as vazões de referência Q_m (vazão média diária de longo período) e Q_{90} (vazão com 90% de permanência na série), por serem frequentemente usadas nos planos estaduais de recursos hídricos no Brasil. A Q_m foi definida pela média aritmética das vazões diárias da série histórica disponível. A vazão Q_{90} foi obtida a partir da elaboração da curva de permanência nos postos selecionados segundo a técnica simplificada de ordenamento de vazões. Dentre as variáveis fisiográficas calculadas estão: a área da bacia contribuinte ao posto, a declividade média da bacia e o comprimento da bacia, calculadas por meio do software QGIS sobre o modelo digital de elevação SRTM de resolução espacial 30 m. Já a variável climática é a precipitação média anual, obtida a partir da ponderação pela área considerando o produto *Brazil Gridded Meteorological Data*. Após a determinação das vazões de referência e das variáveis fisiográficas e climática, se avaliou a existência de uma correlação entre os grupos das variáveis e as vazões, considerando as bacias monitoradas em regiões e dimensões similares. O melhor valor de R obtido foi 0,963, que correlaciona a vazão Q_{90} com o perímetro, para bacias com área entre 2.000 Km² e 2.500 Km². O segundo melhor valor de R foi 0,947, que correlaciona os valores de $[(Q_m/\text{Área}) \cdot 1000]$ com as áreas, para bacias variando entre 1.500 Km² e 2.000 Km².

Termos para indexação: água, bacias hidrográficas, gestão, recursos hídricos, variáveis, vazões.

Introdução

A água é o elemento mais importante para a sobrevivência de todos os seres vivos na Terra, no entanto, se observa que a humanidade tem desperdiçado este valioso recurso, seja poluindo os corpos hídricos, seja utilizando de forma inadequada (ONU, 2013).

A Lei 9.433/97, que trata da Política Nacional de Recursos Hídricos, preconiza a aplicação de instrumentos para o gerenciamento do uso da água, dentre os quais está a outorga de direito de uso da água. Neste sentido, estudos de disponibilidade hídrica devem considerar vazões mínimas e vazões médias de longo período em um curso d'água (Agência..., 2005). Por outro lado, a determinação de limites de ocupação das áreas de inundação dos rios utiliza vazões máximas com períodos de retorno padronizados (Tucci, 2007). A materialização destes limites faz uso das chamadas vazões de referência (Agência..., 2013). A vazão de referência é, portanto, um valor de vazão que passa a representar o limite de utilização da água em um curso d'água para um determinado fim (Silva et al., 2006).

Apesar de o assunto ser de suma importância para o melhor uso dos recursos hídricos, no Brasil não existe um parâmetro único para o estabelecimento de vazões de referência para todos os estados, principalmente para vazões mínimas, o que implica na utilização de valores diferenciados como referencial, por exemplo, para outorga da água (Cabral, 1997; Silva et al., 2010). No estado de Sergipe, por exemplo, é utilizada a vazão Q_{90} (vazão garantida em 90% do ano hidrológico) como referência nos estabelecimentos das vazões outorgáveis (Sergipe, 2011).

Ainda existe uma deficiência na quantidade de análises estatísticas sobre a determinação das vazões de referência de séries históricas de vazão em uma seção de interesse de um manancial. Muitos rios brasileiros ainda não têm esse tipo de estatística, principalmente os contidos em médias e micro bacias. Na carência de dados observados na seção de interesse, deve-se proceder a estudos hidrológicos que possam conduzir às estimativas das vazões de referência com um bom grau de confiabilidade.

¹ Graduando em Geologia, Aracaju, SE.

² Graduando em Geologia, bolsista Fapitec/SE, Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE.

³ Engenheiro Civil, doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE.

A determinação de informações hidrológicas em bacias hidrográficas pressupõe cada vez mais a aplicação de ferramentas de geotecnologias, visando a integração, geração e interpretação dos dados, permitindo o planejamento e avaliação dos fatores intervenientes nas variáveis que compõem o balanço hídrico. Por meio de técnicas de geoprocessamento é possível correlacionar características físicas e climáticas das bacias com o seu regime hidrológico, representado pela curva de permanência de vazões e pelas vazões médias de longo período.

Este trabalho tem como objetivo caracterizar as bacias hidrográficas presentes na área de atuação da Embrapa Tabuleiros Costeiros, em termos de regime hidrológico e características fisiográficas e climáticas, com apoio de geotecnologias, buscando contribuir para o processo de gestão dos recursos hídricos na região.

Material e Métodos

Com consultas às bases de dados das estações fluviométricas mantidas pela Agência Nacional de Águas (ANA), através do seu portal HidroWeb, foi feito o levantamento de dados históricos de vazões de estações inseridas na área de atuação da Embrapa Tabuleiros Costeiros. Estes dados foram submetidos a uma análise exploratória utilizando rotina implementada no software R v.3.2.2 (R Core Team, 2017) para que fosse verificado sua consistência, bem como a avaliação das falhas e *outliers*. A partir das informações contidas nas séries históricas de cada posto fluviométrico que continham dados de pelo menos 8 meses por ano, foram calculadas as vazões média diária de longo período (Q_m) e vazão com 90% de permanência na série (Q_{90}), escolhidas, aqui, por serem utilizadas frequentemente nos planos estaduais de recursos hídricos do Brasil. A Q_m foi definida pela média aritmética das vazões diárias da série histórica disponível, já a vazão Q_{90} foi obtida a partir da elaboração da curva de permanência nos postos selecionados segundo a técnica simplificada de ordenamento de vazões (Collischonn; Dornelles, 2013).

A delimitação das bacias foi feita utilizando-se técnicas de geoprocessamento com as ferramentas TauDEM e Hydrology do software livre QGIS para processar modelos digitais de elevação (MDE) do satélite *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) com resolução espacial de 30 metros, obtidos através da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) disponibilizados pela USGS em seu site Earth Explorer. Inicialmente, foi feito um tratamento na imagem, removendo as depressões. Após isso, calculados o caminho de fluxo (direções), declividade, área de contribuição usando métodos de direção de fluxo simples e múltiplos, delimitação de rede de canais com base no fluxo de gotas e finalmente a delimitação das bacias e sub-bacias hidrográficas (Figura 1).

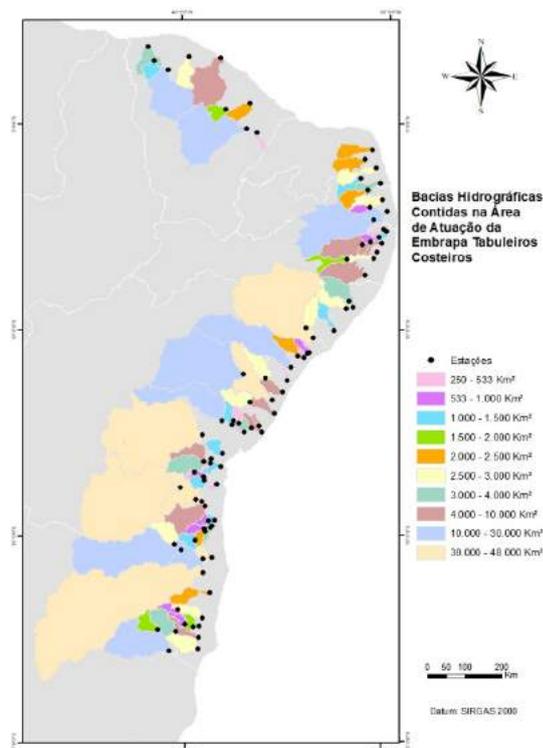


Figura 2. Mapa contendo todas as bacias hidrográficas inseridas na área de atuação da Embrapa Tabuleiros Costeiros e suas respectivas estações fluviométricas.

Agora delimitadas, ainda utilizando o software QGIS, foi calculado área, perímetro e declividade de cada bacia, sendo este último, calculado utilizando a régua do software e os dados de altitude contidas na imagem SRTM. A declividade foi calculada utilizando-se na fórmula $D = (dh/dH)$, sendo dh a diferença entre a altitude da estação e ponto de maior altitude da bacia e dH a distância horizontal entre o ponto mais alto e a estação. O resultado final foi multiplicado por 100 para obter o valor em porcentagem.

As precipitações médias anuais de cada bacia contribuinte foram obtidas a partir do produto *Brazil Gridded Meteorological Data (BGMD)* (Xavier et al., 2016), conhecido também como Grade de Xavier, com resolução espacial de $0,25^\circ$, disponibilizado pelo site da Universidade do Texas, EUA. A Grade de Xavier possui informações de todas precipitações diárias entre os anos de 1970 a 2015. Para extração dessas séries climatológicas foi utilizado o software R v.3.2.2 (*R Core Team*, 2017) que através de uma rotina específica, calculou as precipitações médias anuais e interpolou com os dados de latitude, longitude e dos centroides de todos os municípios incluídos nas bacias hidrográficas em estudo, gerando assim uma tabela com informações da precipitação média anual de cada bacia.

Posteriormente, os dados foram submetidos a análises de regressão linear simples e regressão linear múltipla, calculadas por meio do programa Excel, a fim de encontrar os melhores coeficientes de correlação entre as variáveis e as vazões. Para isto, foram criadas dez diferentes classes baseadas nas áreas das bacias, que variam entre 250 Km^2 a 48.000 Km^2 . Além dos valores das vazões Q_{90} e Q_m , foram também geradas novas variáveis y : $[(Q_m/\text{Área}) \cdot 1000]$ e $[(Q_{90}/\text{Área}) \cdot 1000]$. A partir dos resultados encontrados, os cálculos que obtiveram o valor de R múltiplo mais próximo de 1, foram analisados para geração de gráficos de dispersão.

Resultados e Discussão

Os gráficos de dispersão gerados no trabalho foram submetidos a uma interpretação, a fim de extrair o máximo de informações contidas neles. Os gráficos 2, 3, 4 e 5 a seguir mostram como os valores se dispõem ao longo dos eixos x e y . O eixo y contém os valores das vazões Q_{90} , Q_m , $[(Q_m/\text{Área}) \cdot 1000]$ e $[(Q_{90}/\text{Área}) \cdot 1000]$. No eixo x encontram-se as variáveis fisiográficas e climáticas. Além disso, todos os gráficos contêm uma linha de tendência, juntamente com sua equação linear.

Na Figura 2 obteve-se um valor de R múltiplo igual a 0.963. Neste gráfico, a linha de tendência possui um padrão ascendente, logo há uma relação positiva entre os valores. Nota-se também uma aproximação significativa entre a linha de tendência e a dispersão, portanto a correlação entre esses pontos é forte. Na figura 3 foi calculado um valor de R múltiplo igual a 0.947. A linha de tendência, neste gráfico, assume uma relação positiva, porém com ângulo ascendente menor, portanto, ao se comparar com os gráficos 2, 4 e 5, a correlação entre as variáveis não se mostra tão forte, devido ao distanciamento significativo entre a linha de tendência e a dispersão dos pontos. Nas Figuras 4 e 5, o resultado do valor de R múltiplo foi igual a 0.735 e 0.796, respectivamente. Estes gráficos assumem uma correlação forte e positiva entre os valores, de modo que, os pontos da dispersão se aproximam da linha de tendência de forma mais expressiva, chegando a interceptá-la em alguns pontos.

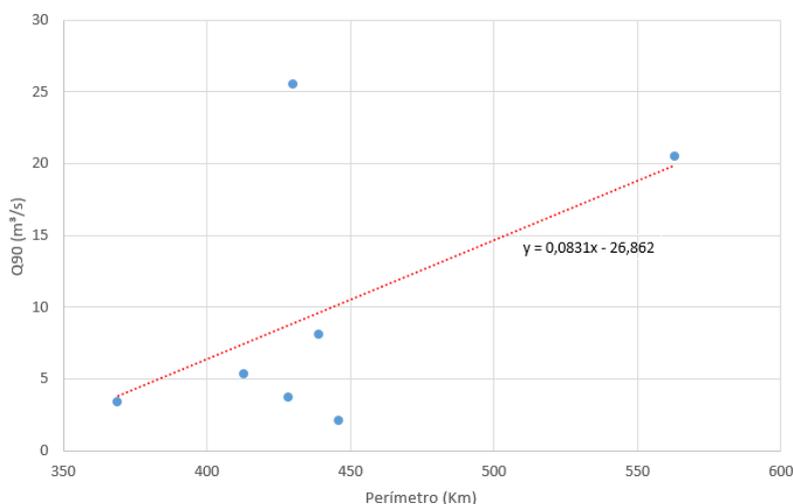


Figura 2. Gráfico de dispersão correlacionando as vazões com 90% de permanência (Q_{90}) para o mês de junho e os perímetros para as bacias que possuem área entre 2.000 e 2.500 km^2 .

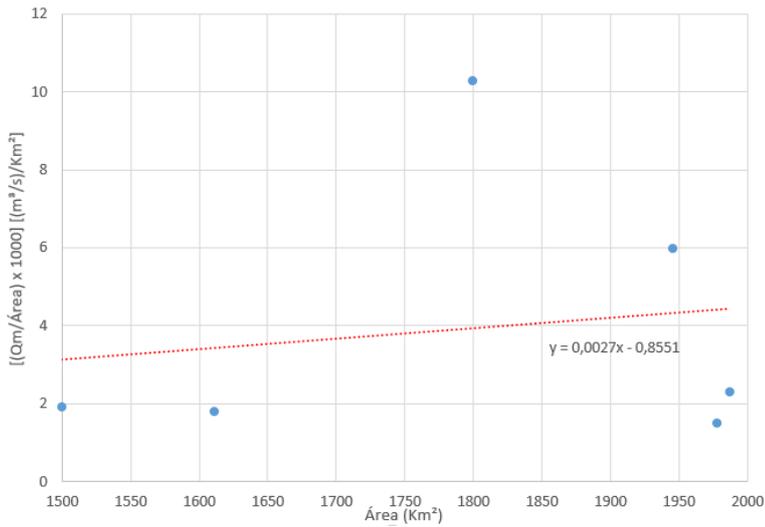


Figura 3. Gráfico de dispersão correlacionando as vazões médias (Qm) do mês de junho com as áreas das bacias que possuem entre 1.500 e 2.000 km².

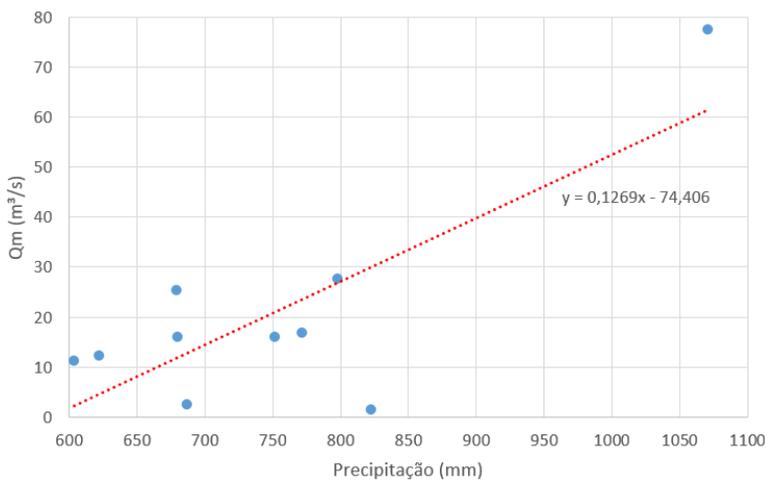


Figura 4. Gráfico de dispersão correlacionando as vazões médias (Qm) do mês de junho e os perímetros para as bacias que possuem área entre 250 e 533 km²

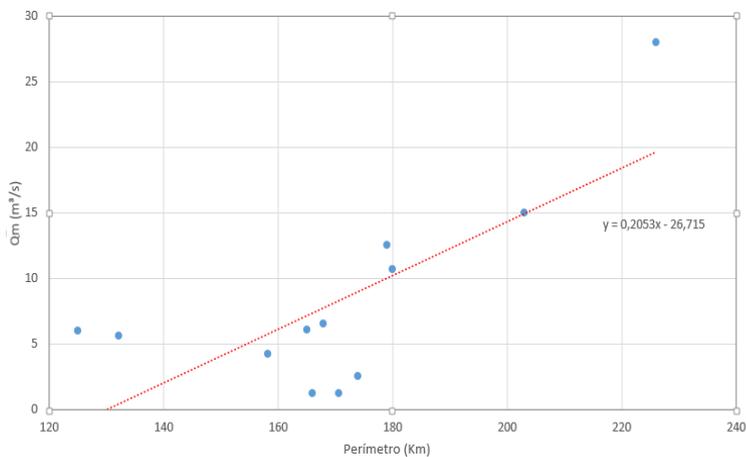


Figura 5. Gráfico de dispersão correlacionando as vazões médias (Qm) do mês de junho e as precipitações para as bacias que possuem áreas entre 10.000 km² e 30.000 km².

Conclusões

A análise dos gráficos mostrou como as vazões Q90 e Qm se comportam em relação às variáveis obtidas. Nestas interpretações, pôde-se notar que os gráficos 4 e 5 foram aqueles que obtiveram a melhor correlação entre os pontos. No entanto, todos os gráficos se comportaram de maneira similar, de tal forma que as correlações positivas foram as que predominaram. Desse modo, em relação as variáveis perímetro, área e precipitação, ocorre um aumento das vazões, à medida que se aumentam os valores destas variáveis.

O melhor valor de R obtido foi 0.963, que correlaciona a vazão Q90 com o perímetro, para bacias com área entre 2.000 Km² e 2.500 Km². O segundo melhor valor de R foi 0,947, que correlaciona os valores de $[(Qm/Área)*1000]$ com as áreas, para bacias variando entre 1.500 Km² e 2.000 Km². Através destes resultados, assume-se, portanto, que as variáveis área e o perímetro foram os mais bem avaliados neste estudo.

Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Portal Hidroweb**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 19 mar. 2017.
- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Manual de procedimentos técnicos e administrativos de outorga de direito de uso de recursos hídricos da Agência Nacional de Águas**. Brasília, DF, 2013. 237 p.
- CABRAL, B. **Legislação Estadual de Recursos Hídricos**. v. 2. Cadernos Legislativos n° 002/97. Brasília, DF: Senado Federal, 1997.
- COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. **Hidrologia para Engenharia e Ciências Ambientais**. Porto Alegre: ABRH, 2013.
- ONU. **Managing water report under uncertainty and risk**. The United Nations world water development - Report 4. Volume 1. 2012. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002156/215644e.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2017.
- SCHMITT, A.; MOREIRA, C. R. Manejo e gestão de bacia hidrográfica utilizando o software gratuito Quantum-GIS. **Revista Cultivando o Saber**, n. edição especial, 2015.
- SERGIPE. **Plano Estadual de Recursos Hídricos de Sergipe. Relatório Final. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos**. Aracaju: Programa Nacional de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos, 2011. p. 215.
- SILVA, J. F.; LUZ NETTO, F. M. de; RODRIGUES, S. C. Análise comparativa entre a vazão real e a vazão de referência para outorga de água do córrego Barrerinho-Uberlândia-MG. **REVISTA GEOGRÁFICA ACADÊMICA**. v. 4, n. 2, p. 86-95, 2010.
- TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, 2007.