

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

PLUGIN QGIS PARA CÁLCULO AUTOMATIZADO DE VAZÃO DE PROJETO UTILIZANDO O MÉTODO RACIONAL

Walter de Meira Lima Paiva¹; Monique de Faria Marins²; Naiara da Silva Pitta³; Vinícius de Azevedo Silva⁴; André Phillipe dos Santos Batista⁵; Mateus Peixoto Oliveira⁶

Abstract: This work, developed under the scope of FAPERJ Call No. 04/2024 (Researcher in the Company), in partnership between two environmental consulting firms, presents the development of a QGIS plugin that automates the calculation of design peak flows based on the Rational Method, widely used in urban drainage projects and hydraulic design. The plugin integrates geoprocessing routines with hydrological analysis tools, enabling the estimation of peak discharge. The tool allows the loading of vector files (watershed and main channel) and raster data (digital elevation model), automatically calculating the length of the main channel, average slope, and time of concentration (Tc) using the Kirpich formula. Rainfall intensity is estimated based on regional IDF equations parameterized according to Otto Pfafstetter's Atlas (RJ), or manually entered. The runoff coefficient is entered manually. The plugin also performs automatic coordinate system conversion, spatial clipping, and extraction of hydrological parameters, offering users flexibility to work in various formats. The graphical interface allows users to configure input data, view process logs, and obtain the design flow (in m³/s) as output. This approach contributes to greater standardization and efficiency in hydrological studies, especially in technical environments that require agility and traceability in data processing.

Resumo: Este trabalho, desenvolvido no contexto do edital FAPERJ nº 04/2024 (Pesquisador na Empresa), em parceria entre duas empresas do setor de consultoria ambiental, apresenta o desenvolvimento de um plugin para o QGIS que automatiza o cálculo de vazões de projeto com base no Método Racional, largamente adotado em projetos de drenagem urbana e dimensionamento hidráulico. O plugin integra rotinas de geoprocessamento com ferramentas de análise hidrológica, permitindo a obtenção da vazão máxima de projeto. A ferramenta permite o carregamento de arquivos vetoriais (bacia e canal principal) e raster (modelo digital de elevação), realizando automaticamente o cálculo do comprimento do canal principal, declividade média e tempo de concentração (Tc) por meio da fórmula de Kirpich. A intensidade de chuva é estimada com base em equações IDF regionais parametrizadas conforme o Atlas de Otto Pfafstetter, ou inserida manualmente. O coeficiente de runoff é inserido manualmente. O plugin também realiza a conversão de sistemas de coordenadas, recortes espaciais e extração de parâmetros hidrológicos, oferecendo ao usuário flexibilidade para trabalhar em diferentes formatos. A interface gráfica permite configurar os dados de entrada, visualizar logs do processo e obter, como saída, a vazão de projeto (em m³/s). Essa abordagem

1) FAPERJ nº 04/2024 Pesquisador na Empresa, wmlp.hidrology@gmail.com

2) Nascente Soluções Ambientais e de Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental - PUC-Rio, mfmarrins@gmail.com

3) Nascente Soluções Ambientais e de Recursos Hídricos, naiarapitta@gmail.com

4) Azevedo Consultoria Ambiental e Energética, contato@azevedoambiental.com

5) Azevedo Consultoria Ambiental e Energética, andre.phillipe280@gmail.com

6) Azevedo Consultoria Ambiental e Energética, mateus.opw@gmail.com

contribui para maior padronização e eficiência nos estudos hidrológicos, especialmente em ambientes técnicos.

Palavras-Chave – Hidrograma, precipitação, intensidade.

INTRODUÇÃO

A aplicação do Método Racional destaca-se por sua simplicidade operacional e rápida implementação, uma vez que exige apenas três parâmetros principais: o coeficiente de escoamento superficial (C), a intensidade de precipitação (i) e a área da bacia hidrográfica (A). Segundo Tucci (2009), esse método é recomendado para bacias com área de até 200 hectares (ou 2 km²), a fim de evitar erros significativos decorrentes da variabilidade espacial e temporal da chuva. Essa abordagem direta o torna especialmente útil em contextos com escassez de dados hidrológicos detalhados (DNIT, 2006).

Sua aplicabilidade é particularmente relevante em projetos de drenagem urbana, obras rodoviárias e dimensionamento de dispositivos hidráulicos, como bueiros, galerias e canais. O método baseia-se em pressupostos empíricos, assumindo que o escoamento superficial ocorre de forma uniforme e simultânea em toda a bacia após atingir o tempo de concentração, fornecendo resultados compatíveis com práticas correntes de engenharia. Desta forma, o método racional é amplamente recomendado por manuais técnicos e normas de instituições como o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e diversos órgãos estaduais de meio ambiente.

No contexto brasileiro, o Método Racional é frequentemente utilizado com suporte de equações de Intensidade, Duração e Frequência - IDF regionais e coeficientes de escoamento definidos conforme o tipo de solo e o uso do solo. Neste trabalho, apresenta-se o desenvolvimento de um plugin para o software QGIS que automatiza a aplicação do Método Racional, incluindo estimativas de tempo de concentração (T_c), intensidade de chuva e conversão de dados geoespaciais, proporcionando uma ferramenta integrada, intuitiva e adaptada à realidade técnica nacional.

OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo apresentar o desenvolvimento de um *plugin* para QGIS, um software popular e de código aberto em geoprocessamento, direcionado para o cálculo de vazões através do Método Racional, demonstrando:

1. Funcionalidades da ferramenta na versão 1.0
2. Premissas metodológicas básicas adotadas
3. Importações Necessárias
4. Recursos de visualizações e resultados

METODOLOGIA

Esse capítulo será iniciado com apresentação do *layout* do *plugin* como mostra a figura 1 e em seguida serão apresentadas as premissas metodológicas utilizadas.

Figura 1 – Layout do *Plugin* para o Método Racional

The screenshot shows the 'Método Racional' window with the following elements and annotations:

- 1.** Input field for 'Camada de contorno da Bacia' with a file extension '.shp' and a browse button '...'.
- 2.** Input field for 'Canal Principal' with a file extension '.shp' and a browse button '...'.
- 3.** Input field for 'Raster MDE (.tif) ou desnível (m):' with a file extension '.tif' and a browse button '...'.
- 4.** Button labeled 'Calcular Tempo de Concentração (Tc)'.
- 5.** Dropdown menu for 'Estação Pluviométrica (Otto Pfafstetter):' with 'Resende' selected.
- 6.** Input field for 'Duração escolhida (min):' with the value '3.03'.
- 7.** Input field for 'Coef. runoff' with the value '.6' and a range '(0-1)'.
- 8.** Checkbox labeled 'Inserir chuva de projeto manualmente'.
- 9.** A text box containing project results:
 - ATENÇÃO! Sistema de coordenadas distintos:
 - Bacia-> EPSG:4326
 - Canal principal-> EPSG:31983
 - DEM-> EPSG:4326
 - VERIFIQUE a necessidade de reprojetar os arquivos para o mesmo Sistema de Cordenadas!
 - Resultados:
 - Comprimento do Talvegue: 0.2761 Km
 - Delta_H: 43.00 m
 - Área da Bacia: 0.0692 Km²
 - Tc: 0.05 horas ou 3.03 min
 - Duração do evento: 3 min 2 seg
 - Altura da chuva: 13.39 mm
 - I: 265.14 mm/h
 - runoff: 0.60
 - Vazão de Projeto: 3.0565 m³/s
- 10.** Input fields for 'TR:' (10), 'I:' (mm/h), 'β:' (0.08), 'γ:' (0.25), 'a:' (0.3), 'b:' (31), and 'c:' (20).
- 11.** Button labeled 'Calcular Chuva e Vazão de Projeto'.

Com o objetivo de facilitar a compreensão dos dados de entrada e dos parâmetros que regem todo o processo, as caixas de texto de entrada e saída de dados, bem como os botões que ativam as funções foram enumerados da seguinte forma:

1. Inserção de caminho de arquivo de contorno da bacia no formato *shapefile*
2. Inserção de caminho de arquivo do canal principal da bacia no formato *shapefile*
3. Inserção de arquivo matricial de modelo digital de elevação no formato *tif* ou valor numérico em metros
4. Botão que aciona o cálculo de tempo de concentração
5. Opções de estações pluviométricas de Otto Pfafstetter para o Estado do Rio de Janeiro
6. Duração da chuva de projeto em minutos

7. Inserção manual do valor de runoff (C) ente 0 e 1
8. Opção de entrada de chuva com coeficientes de Otto ou entrada “manual” do valor de intensidade em mm/h
9. Caixa onde são exibidos os resultados (valores meramente ilustrativos)
10. Botão para limpar caixa de resultados
11. Botão que gera a chuva de projeto e calcula a vazão de projeto associada

Dependendo das projeções utilizadas, as unidades de medidas podem estar expressas em graus ou metros. Caso estejam em graus, a conversão é feita requisitando ao usuário informações sobre o sistema de coordenadas que será utilizado para realizar a transformação. O *plugin* é inteiramente desenvolvido em linguagem *python*, e funções como área e comprimento de feições, são nativas da biblioteca *qgis.core*. Outras funcionalidades são requisitadas por processamento do programa nativo, o próprio Qgis..

Para a realização do cálculo do desnível, primeiramente o programa traça pontos ao longo do canal principal, utilizando a função nativa do Qgis denominada *rastersampling*, a partir do modelo digital de elevação inserido pelo usuário. Com base nesses pontos, o plugin define a menor e a maior altitude, cuja diferença representa o desnível do canal principal. É importante que o usuário esteja atento ao tratamento de dados nulos desse arquivo matricial inserido, pois a substituição inadequada desses valores pode comprometer a precisão do cálculo do desnível. Por isso todos os arquivos importantes são adicionados ao mapa, permitindo que o usuário confira manualmente a coerência dos resultados e identifique eventuais inconsistências.

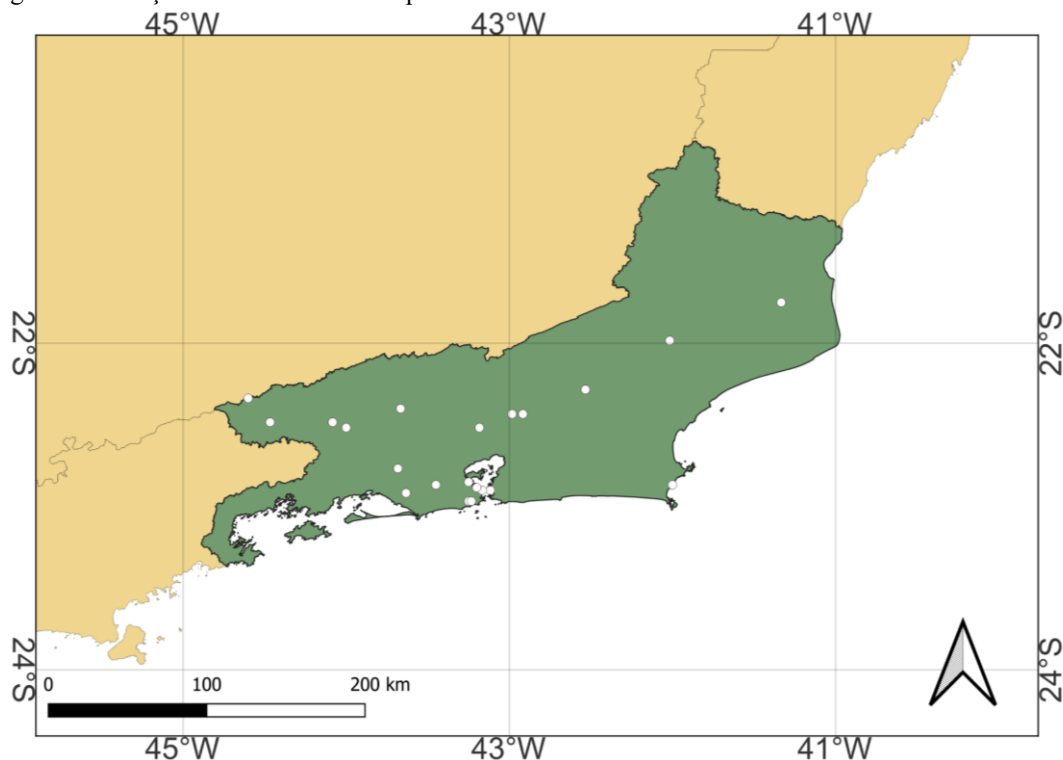
Aplicações reais do Método Racional observadas pelo desenvolvedor apresentam diferenças metodológicas, conforme sub-rotinas aplicadas por diferentes órgãos e técnicos. Muitos trabalhos distinguem-se em adoção de tempo de concentração, por exemplo, com várias fórmulas existentes, encontrando resultados diferentes para uma mesma bacia. As fórmulas para tempo de concentração adotada neste contexto são as de Kirpich e Kirpich modificada, que são calculadas conforme Equações 1.1 e 1.2.

$$T_c = 0,95 \times \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385} \quad A \leq 0,45 \text{ Km}^2 \quad (1.1)$$

$$T_c = 1,42 \times \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385} \quad A > 0,45 \text{ Km}^2 \quad (1.2)$$

Onde T_c é o tempo de concentração em minutos, L é o comprimento do canal principal ou talvegue da bacia em quilômetros e H é o desnível entre o exultório e o ponto mais alto do canal principal, em metros.

Figura 2 – Estações de Otto Pfafstetter para o Rio de Janeiro



Ao acionar o botão que calcula o tempo de concentração, se torna visível no mapa do QGIS o *shapefile* ou arquivo, contendo a espacialização das estações pluviométricas através de pontos, com as estações de Otto Pfafstetter (PFAFSTETTER, 1982) para todo o Brasil. O referido *shapefile* deverá ser analisado pelo usuário, de modo a adotar a estação pluviométrica mais representativa da região de estudo. Todas as estações do estado do Rio de Janeiro estão listadas, como mostra a figura 2, de modo que se alguma estação for escolhida os coeficientes de chuva para cálculo segundo a equação 2 são preenchidos automaticamente.

$$P = \left[T^{\left(\alpha + \frac{\beta}{T^\gamma} \right)} \right] \times [at + b \cdot \log(1 + ct)] \quad (2)$$

Onde P é a altura da chuva em milímetros, T é o tempo de recorrência em anos, as constantes a, b, c, γ variam de acordo com o posto pluviométrico e α e β valores que variam conforme a duração da chuva.

A Vazão de Projeto (Q), é dada pela equação:

$$Q = \frac{CIA}{3,6} \quad (3)$$

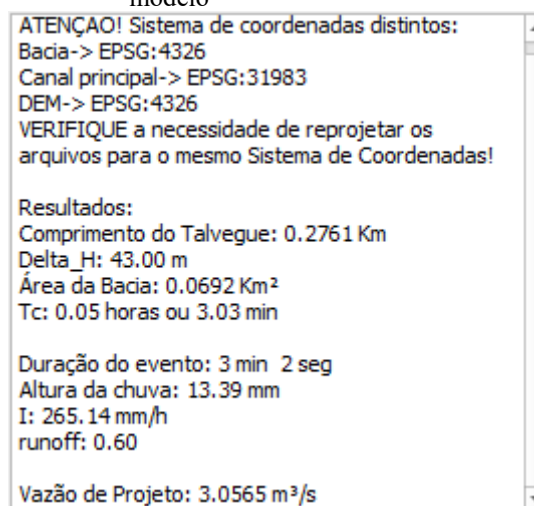
Onde C é o coeficiente de *runoff* adimensional, inserido manualmente, I (mm/h) é a chuva de projeto, A é a área da bacia

(km²) e Q é a vazão de projeto em m³/s.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme exemplificado no item 9 da figura 1, os resultados dos métodos são apresentados conforme figura 2.

Figura 2 – Exemplo fictício de resultados do modelo



Uma funcionalidade importante em relação ao *log* de resultados parciais do modelo é que ele informa o sistema de coordenadas dos arquivos vetoriais e matriciais inseridos. Espacialmente quando se trata de áreas pequenas, arquivos com projeções distintas podem apresentar resultados bem diferentes dos encontrados em campo. Outro alerta é que os melhores modelos digitais de elevação encontrados gratuitamente na internet têm resolução espacial de 30m. Como o método é aplicado a bacias pequenas, é conveniente que essas medidas sejam obtidas em campo.

Este projeto desenvolvido no contexto do edital FAPERJ nº 04/2024 visa criar soluções para empresas que possam ser replicadas, de maneira que o desenvolvimento intelectual é de propriedade do pesquisador e destinado à sociedade. Sendo este *plugin* e outras funcionalidades desenvolvidas ao longo do projeto de código aberto. Em rodapé encontra-se código fonte disponível em repositório, que na altura desta publicação pode apresentar alterações que visam atender cada vez mais as exigências de outros órgãos ambientais e se tornar um software mais robusto e versátil. A disponibilização em repositório permite que novos usuários possam personalizar o software de acordo com suas necessidades com conhecimento intermediário de programação em *python*.

CONCLUSÕES

A utilização do *plugin* Método Racional representa um avanço significativo na automatização e padronização da aplicação do Método Racional em estudos hidrológicos, porém não prescinde do domínio dos princípios fundamentais da hidrologia, uma vez que a escolha dos parâmetros de entrada, a interpretação dos resultados e a adaptação a diferentes contextos regionais, como a definição de chuva de projeto, exigem conhecimento técnico aprofundado. O *plugin* deve, portanto, ser compreendido como uma ferramenta de apoio à análise comparativa e à sistematização de processos, e não como um substituto da avaliação crítica e do julgamento profissional, indispensáveis à prática da engenharia hidrológica.

Repositório Plugin “Método Racional”: <https://github.com/waltermlp/MetodoRacional>

AGRADECIMENTOS

Esse trabalho conta com o financiamento FAPERJ nº 04/2024, que permite ao pesquisador desenvolver tecnologias em conjunto e aplicadas a problemas reais sem o qual ele não seria executável. Sua articulação se deu em ambiente também de união entre técnicos e pesquisadores no contexto do Mestrado Profissional de Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – UERJ que contribui para o crescimento profissional de três dos presentes autores.

REFERENCIAS

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (2006). Manual de hidrologia aplicada. Rio de Janeiro: IPR/DNIT. (Série Manuais, v. 4).

PFAFSTETTER (1982), O., Chuvas Intensas no Brasil, 2ª edição, Rio de Janeiro, DNOS, pp426.

TUCCI (2009), Carlos E. M. *Hidrologia: ciência e aplicação*. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS.