



XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS
26 de novembro a 01 de dezembro de 2017
Florianópolis- SC

GIS4GRAPH - UMA FERRAMENTA WEB PARA VISUALIZAÇÃO E ANÁLISE DE GRAFOS DE DRENAGEM

*Aurelienne A. S. Jorge¹; Márcio Rossato²; Roberta B. Bacelar³; *Leonardo B. L. Santos⁴*

Resumo – Redes geográficas estão por todo lado, de sistemas viários à distribuição de energia e hidrografias. Ferramentas matemáticas e computacionais para teoria dos grafos vêm incorporando a componente geográfica, tanto na visualização dos grafos quanto das suas propriedades topológicas. Este trabalho apresenta uma ferramenta web inovadora, gratuita, aberta e de fácil utilização, para visualização e análise de grafos geográficos, com estudos de caso em redes de drenagem. Para este fim, foi desenvolvida a ferramenta GIS4GRAPH, que a partir de um arquivo vetorial contendo um conjunto de segmentos de linhas (ex. uma hidrografia), o importa para um banco de dados geográficos com o intuito de identificar todas as conexões existentes, e então mapeia a rede em um grafo, no qual cada trecho da rede é representado por um vértice/nó e as conexões entre os trechos podem ser visualizadas pelas arestas. A partir do grafo gerado, a aplicação calcula então as principais propriedades da rede, como a ordem de strahler. As hidrografias das bacias dos Rios Itajaí, Doce e Paraíba do Sul são utilizadas como exemplos.

Palavras-Chave – Hidrologia, Banco de Dados Geográficos, Redes Complexas

**GIS4GRAPH - A WEB TOOL FOR DRAINAGE GRAPHS
VISUALIZATION AND ANALYSIS**

Abstract – Geographic networks are everywhere, as road systems, power grids and hydrografies. Computational and mathematical tools for traditional analysis of graphs and recent studies on complex networks have been incorporating the geographic component, for visualization of both the graphs and its topological properties. This article presents an innovative web tool, free, open and easy to use, for geographic networks visualization and analysis, with case studies on drainage graphs. For such purpose, it was developed

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Cachoeira Paulista, SP, Brasil. E-mail: aurelienne.jorge@inpe.br

² Via Vale Sistemas, Cachoeira Paulista, SP, Brasil. E-mail: marcio@viavalesistemas.com.br

³ Faculdade Anhanguera de São José dos Campos (FSJ), SP, Brasil. E-mail: roberta.baldo@gmail.com

⁴ Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), São José dos Campos, SP, Brasil. E-mail: santoslbl@gmail.com



XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS
26 de novembro a 01 de dezembro de 2017
Florianópolis- SC

GIS4GRAPH, which, based on a vector file, loads it into a geographic database aiming to identify all connections and, then, generates a graph whose each node represents a network element and each edge demonstrates an existing connection between two elements. Once the graph is created, the application calculates the main properties, such as strahler order of each line. Basins of Rivers Itajaí, Doce and Paraíba do Sul are used as examples.

Keywords – Hydrology, Geographic Databases, Complex Networks

INTRODUÇÃO

O estudo de grafos é um dos pilares da matemática discreta, e teve início em 1735, quando o matemático e físico suíço Leonhard Euler propôs uma solução para o problema das pontes de Königsberg (Netto, 2001; Bessa *et al.*, 2009). Um grafo é uma estrutura matemática, G , constituída por dois conjuntos, V e E , ou seja, $G(V,E)$, sendo V , finito e não vazio, chamado de conjunto dos vértices, e outro E chamado de conjunto de arestas, que são pares ordenados de elementos de V . Nesse sentido, um grafo geográfico, ou (geo)grafo, é uma estrutura na qual cada objeto em um espaço geográfico é representado por um vértice e a conexão entre esses elementos é dada por uma aresta, que reflete uma relação espacial entre os objetos.

Uma hipótese em modelagem envolvendo grafos é que, por propriedades matemáticas do grafo, podem ser identificadas algumas propriedades do objeto ou fenômeno modelado pelo grafo (Reka & Barabasi, 2002; Newman, 2003). Explorando exatamente essa linha de raciocínio, foi desenvolvida a ferramenta GIS4GRAPH, uma aplicação para identificação de propriedades estruturais em (geo)grafos.

O presente artigo descreve a metodologia empregada na construção da GIS4GRAPH e apresenta um estudo de caso no âmbito da hidrologia, especificamente com grafos de drenagem.

MATERIAIS E MÉTODOS

O mapeamento de uma rede de drenagem realizado pela GIS4GRAPH consiste numa metodologia baseada em tecnologias para manipulação de dados georreferenciados, devido ao contexto geográfico dos dados de entrada e de saída, bem como uma biblioteca para construção e análise de grafos.

XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS
26 de novembro a 01 de dezembro de 2017
Florianópolis- SC

Apoiada nesse conjunto de tecnologias, a ferramenta realiza todo o processamento internamente percorrendo as seguintes etapas: 1) Importação do *shapefile* e mapeamento das conexões; 2) Geração do grafo e cálculo das propriedades da rede; 3) Exibição da rede com as propriedades listadas e estilos aplicados. A Figura 1 demonstra esse fluxo e uma descrição mais detalhada encontra-se na sequência.

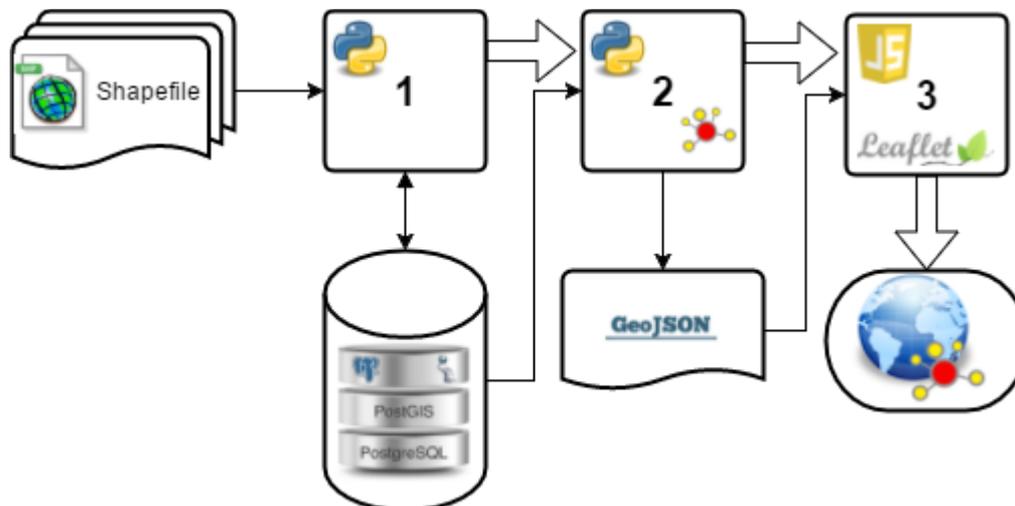


Figura 1: Fluxo de processos da ferramenta GIS4GRAPH.

Importação do Shapefile e mapeamento das conexões

Na interface Web da ferramenta, é necessário inicialmente indicar o shapefile com a rede a ser mapeada. Uma vez que a aplicação fez o upload do arquivo para o servidor, o mesmo é importado para um banco de dados com suporte a dados geográficos - foi utilizado o PostgreSQL como Sistema Gerenciador de Banco de Dados e a sua extensão espacial, o PostGIS, no qual o mapeamento das conexões entre os trechos de drenagem pode ser eficientemente realizado por uma consulta espacial utilizando uma função para verificação de intersecções entre geometrias. O resultado é uma lista das conexões existentes entre cada par de trechos.

Geração do grafo e cálculo das propriedades da rede

Foi utilizada a biblioteca *igraph* juntamente com a linguagem de programação Python, com o objetivo de construir um grafo baseado no mapeamento gerado dentro do banco de dados. Cada trecho de drenagem é adicionado ao grafo como um vértice e as arestas



XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017
Florianópolis- SC

são incluídas a partir da lista de conexões entre trechos. Utilizando métodos prontos oferecidos pela própria *igraph*, foram calculadas algumas das propriedades inerentes à rede. O conjunto de dados resultantes composto pelas geometrias dos trechos de drenagem e as propriedades relacionadas é exportado em um arquivo geoJSON, que consiste num formato de representação de feições geográficas.

Exibição da rede com propriedades listadas e estilos aplicados

A GIS4GRAPH foi desenvolvida como uma ferramenta Web de forma a facilitar o acesso pelos usuários interessados, sendo acessível a partir de qualquer navegador, e descartando a necessidade de qualquer instalação, uma vez que todo o processamento é feito remotamente no servidor em que a ferramenta está hospedada. E como ferramenta Web, sua interface foi desenvolvida numa linguagem para tal finalidade, o JavaScript, fazendo uso da biblioteca Leaflet, que permite trabalhar com mapas interativos, e mais especificamente no caso, com feições geográficas.

Unindo o Leaflet ao geoJSON gerado na etapa anterior, é possível então aplicar estilos de visualização, como cor e espessura, a cada feição geográfica da rede analisada, assim como listar as propriedades inerentes a esta. A propriedade de grafo escolhida para o teste da ferramenta de visualização foi a ordem de strahler, por ser uma propriedade de grafo bem conhecida pela comunidade de hidrologia - a magnitude da ordem de strahler reflete o grau de ramificação de um grafo do tipo rede (sem laços - caminhos fechados) com base na hierarquia dos afluentes (Strahler, 1994; Jorge *et al.*, 2015). Na seção Resultados e Discussões são apresentados alguns estudos de caso juntamente com uma amostra dos resultados visuais da ferramenta.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A GIS4GRAPH oferece duas formas de visualização do resultado do mapeamento, sendo a primeira na forma geográfica, mantendo o próprio formato do dado de entrada, e a segunda opção representa a rede no formato de grafo com todos os vértices e arestas que o compõem.

Como estudos de caso, foram abordadas as bacias dos rios Itajaí, Doce e Paraíba do Sul visando demonstrar a aplicação da ferramenta em redes de drenagem e os resultados obtidos.

XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS
26 de novembro a 01 de dezembro de 2017
Florianópolis- SC

A Figura 2 apresenta a saída na forma geográfica das 3 bacias adotadas como exemplos, com estilo de cor aplicado para a ordem de strahler. A Figura 3 mostra imagens ampliadas de parte da bacia do Paraíba do Sul com detalhe da visualização das propriedades na seleção de uma feição geométrica, nas quais pode-se observar a diferença nos estilos aplicados de acordo com a variação no atributo.

Como exemplo da visualização em grafos oferecida pela ferramenta, a saída da bacia do Itajaí é apresentada na Figura 4, na qual pode-se observar inclusive a seleção e visualização das propriedades de um dos vértices.

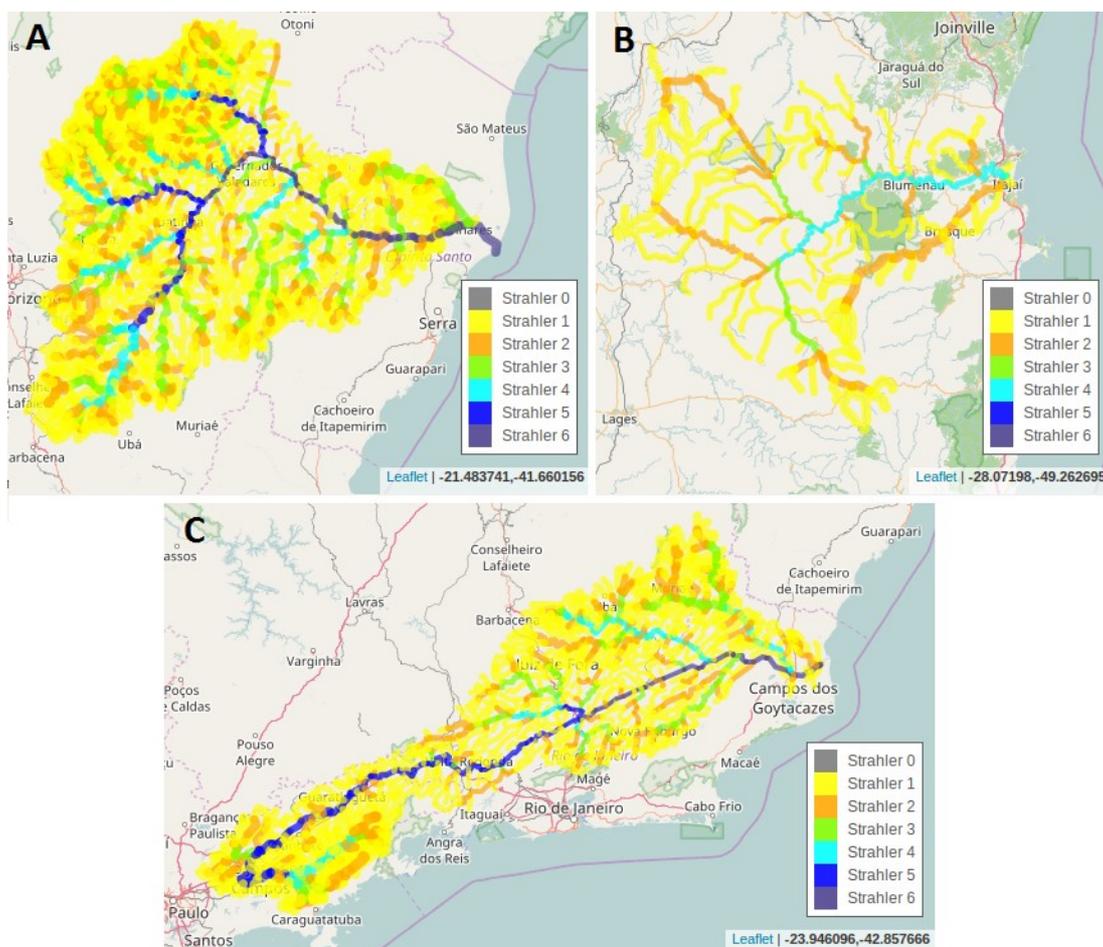


Figura 2 - Grafos de drenagem dos Rios Doce (A), Itajaí (B) e Paraíba do Sul (C), hierarquizados conforme ordem de strahler

XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS
26 de novembro a 01 de dezembro de 2017
Florianópolis- SC



Figura 3 - Detalhe da visualização das propriedades do grafo por trecho

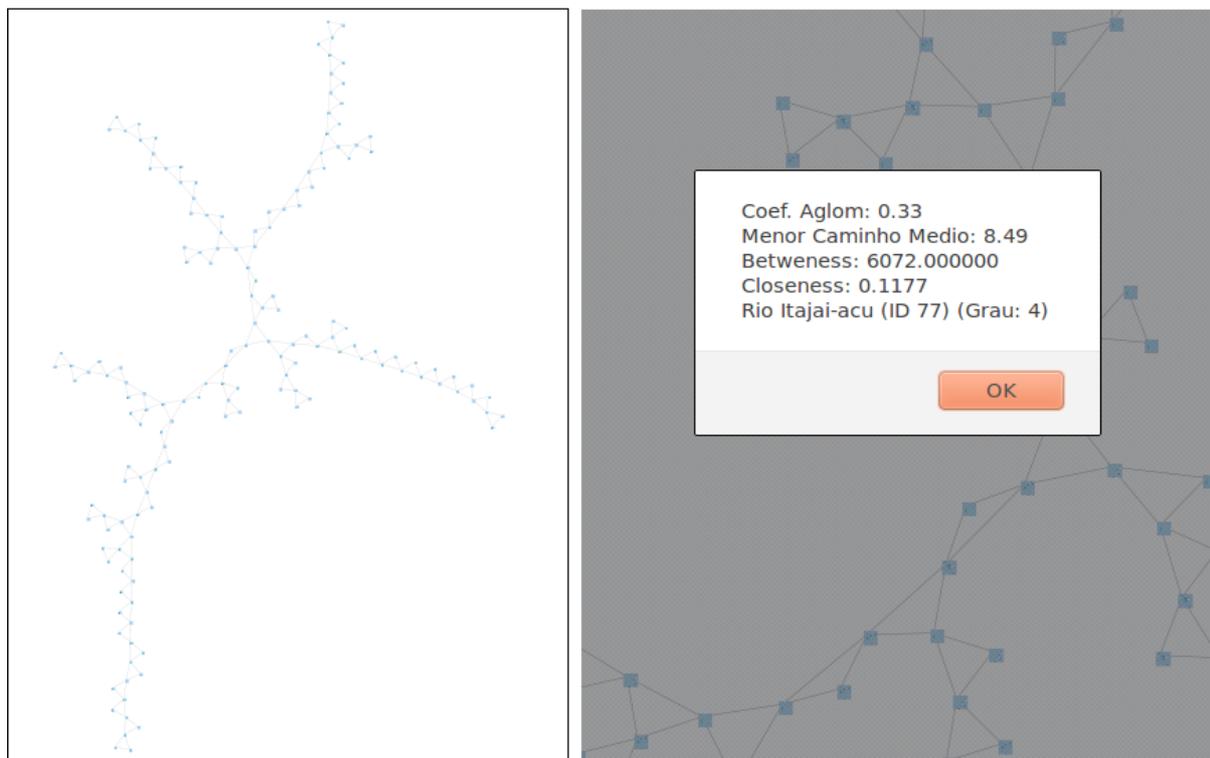


Figura 4 - Visualização do grafo gerado para a bacia do Rio Itajaí



XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS
26 de novembro a 01 de dezembro de 2017
Florianópolis- SC

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou apresentar o conceito de (geo)grafos, estrutura na qual cada objeto em um espaço geográfico é representado por um vértice e a conexão entre esses elementos é dada por uma aresta, que reflete uma relação espacial entre os objetos.

A ferramenta GIS4GRAPH, apresentada neste trabalho, oferece recursos para:

1. construção de um grafo com base em um shapefile qualquer de linhas,
2. cálculo de propriedades de grafos,
3. interface amigável para visualização web do grafo e de suas propriedades em um mapa real.

Os códigos desenvolvidos para este estudo são todos livres e podem ser obtidos neste repositório: <https://github.com/aurelienne/gis4graph>. Espera-se que, com a política de código aberto, esta ferramenta possa ser diretamente aplicada, ou mesmo ajudar no desenvolvimento de outras ferramentas, para análise de grafos em contexto geográfico, demanda não apenas do campo da hidrologia.

Dentre as perspectivas deste projeto está trabalhar com outros tipos de dados, como redes de drenagem sintética (obtidas por modelo digital de elevação) e grafos de infraestruturas críticas, como transporte e energia.

AGRADECIMENTOS

- Aos projetos CNPq 454267/2014-2
- Aos projetos FAPESP 2015/50122-0 e DFG-IRTK 1740/2

REFERÊNCIAS

NETTO, P. O. B. *Grafos: Teoria, Modelos, Algoritmos*. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2001.

BESSA, A. D.; SANTOS, L. B. L.; MARTINEZ, L. P. N. R.; COSTA, M. C.; CARDOSO, P. G. S. Introdução às redes complexas. 2009. Disponível em: <<http://wiki.dpi.inpe.br/doku.php?id=ser301-2011:wikileonardosantos>>



XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS
26 de novembro a 01 de dezembro de 2017
Florianópolis- SC

RÉKA, A.; BARABASI, A. L. Statistical mechanics of complex networks. *Rev. Mod. Phys.*, v. 74, p. 47–97, 2002.

NEWMAN, M. E. J. The structure and function of complex networks. *SIAM Review*, v. 45, p. 167–256, 2003.

STRAHLER, A. N. (1994). *Geografia Física*. 3 Ed. Barcelona: Ediciones Omega

JORGE, A. A. S.; SILVA, A. C. S.; ANAYA, L. M.; RODRIGUES, J.; SANTOS, L. B. L. (2015) Abordagem computacional livre para classificação de Strahler em hidrografias brasileiras relacionadas a desastres naturais. *Modell Sci Educ Learn* 8:23–34