An aerial photograph of a landscape featuring a winding river, green agricultural fields, and some built-up areas. The image serves as a background for the presentation slides.

Validação topológica de rede de drenagem com o uso do QGIS

*Topological validation of drainage
network with QGIS*

LEANDRO LUIZ SILVA DE FRANÇA
ENG. CARTÓGRAFO

Diretoria de Serviço Geográfico (DSG)
3º Centro de Geoinformação (3º CGEO)

Olinda- PE, Brasil

Introdução

- Geração de Rede de drenagem: Automática x Manual
- *Volunteered Geographic Information* (VGI):
 - OpenStreetMap (OSM)
- Preocupação com a qualidade dos dados do OSM:
 - Completude
 - Acurácia Posicional
 - Acurácia Temática
 - Acurácia Temporal
 - Consistência Lógica (conceitual, formato, domínio e **topológica**)
- Validação topológica ainda é pouco abordada na esfera acadêmica (Abed-Elmdoust, 2017).



Consistência Topológica

- Corresponde a um **elemento** de qualidade de dados geoespaciais vetoriais da categoria **consistência lógica** (ISO, 2013).



International
Organization for
Standardization

- Refere-se aos aspectos geométricos e topológicos da informação espacial, checando **regras** de conectividade, adjacência, pertinência ou proximidade para diversas situações entre feições (IBGE, 2017).
- Em SIG, o termo **topologia** é dado à disposição entre geometrias do tipo pontos, linhas e polígonos com o objetivo de modelar relacionamentos espaciais entre elas (Esri, 2016).

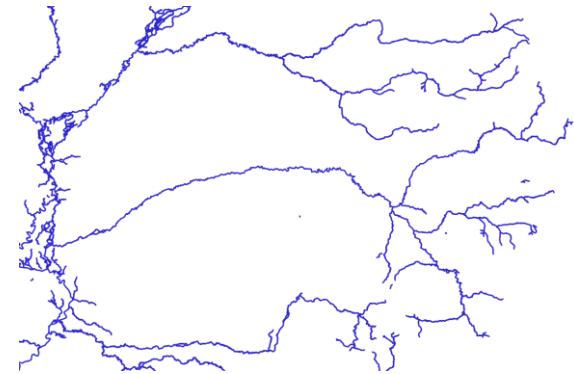
Validação Topológica

- Termo dado a **inspeção** destinada a avaliar a adequação dos dados geográficos às regras topológicas (DSG, 2016).
- É a **chave** para garantir a integridade dos dados em SIG (Esri, 2016).
- Operadores Topológicos:
 - Dentro de
 - Contém
 - Toca
 - Intercepta
 - Sobreposição
 - Disjunto
 - Igual
 - Etc.



Rede de Drenagem

- A rede de drenagem, de acordo com a INDE, deve ser modelada como um classe de feições do tipo linha denominada **Trecho de Drenagem** correspondente a corpos d'água permanentes ou temporários (CONCAR, 2010).



- Relevância das Redes de Drenagem:
 - Indicador de alterações em bacias hidrográficas (Nascimento et. al, 2009)
 - Elemento fundamental na manutenção da biota (Cristo e Robaina, 2014)
 - Elemento básico de estudo e planejamento para a conservação do meio ambiente (Andrades Filho et. al, 2009; Bosquilia et al., 2015; Albuquerque & Oliveira, 2015)

Problemática

- A dificuldade de elaborar mapas hidrológicos é bastante mencionado devido a **alta dinâmica** e a **complexa topologia** das redes de drenagem (Andrades Filho et al, 2009; Abed-Elmdoust et al, 2017).
- Também é reportada a escassez de informações sobre um sistema padronizado e eficaz na representação da natureza de bacias hidrográficas, sendo necessário soluções baseadas em dados **vetoriais** estruturadas em **rede**, referenciando cada trecho da rede através de mecanismos de endereçamento (Santos Silva *et al.* 2008; Paranhos Filho *et al.*, 2017).



Validação Topológica de Rede de Drenagem

- As regras de validação topológica entre classes são descritas através de diagramas de entidade-relacionamento (CONCAR, 2010).
- Entretanto, devido à complexidade na construção e validação de uma rede de drenagem (classe trecho de drenagem), esta pesquisa se dedicou a explorar e documentar as principais **regras específicas** para as feições desta classe.
- Pesquisa baseada nas seguintes normas:
 - O Manual de Avaliação da Qualidade de Dados Geoespaciais (IBGE, 2017)
 - As Especificações Técnicas para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (DSG, 2011)

Validação Topológica de Rede de Drenagem

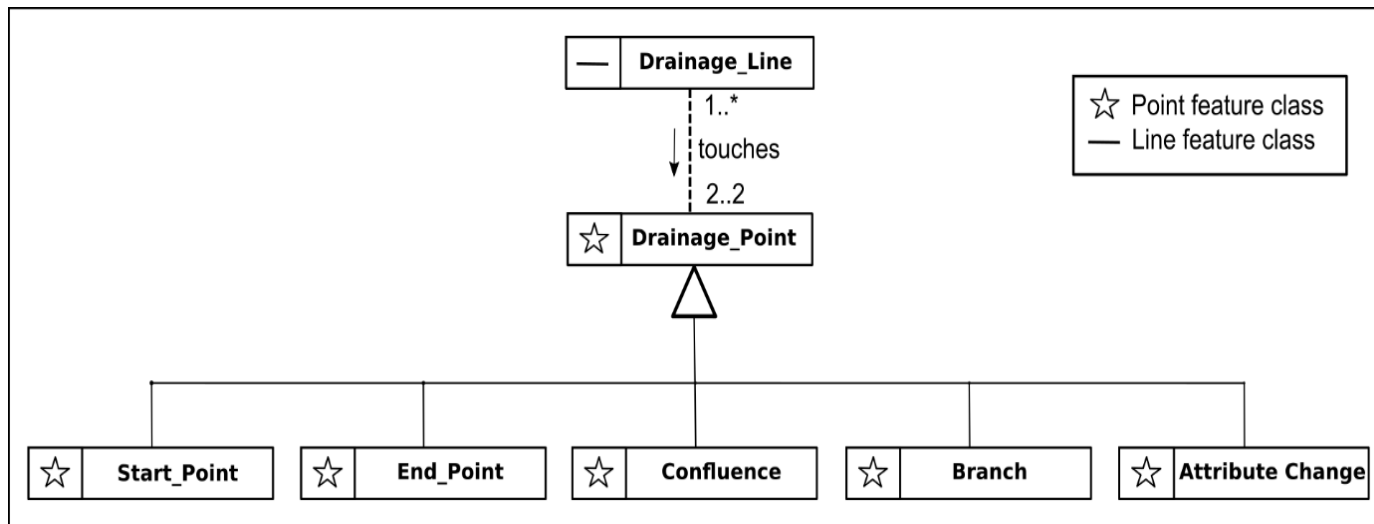


Regras para aquisição da classe Trecho de Drenagem:

- Emprego de geometria do tipo **linha**;
- As linha devem ser vetorizadas de **montante** para **jusante**;
- Os pontos inicial e final devem tocar um objeto da classe **Ponto de Drenagem**;
- As feições da classe Trecho de Drenagem devem representar o **fluxo principal** da correnteza (linha de talvegue).

Pontos de Drenagem

- Cada Trecho de Drenagem deve tocar em seu ponto inicial e final um Ponto de Drenagem.
- Os principais tipos de Pontos de Drenagem observados na natureza são dados pelo seguinte diagrama:



Pontos de Drenagem

- Início de Drenagem

Start Point

- Final de Drenagem

End Point

- Confluência

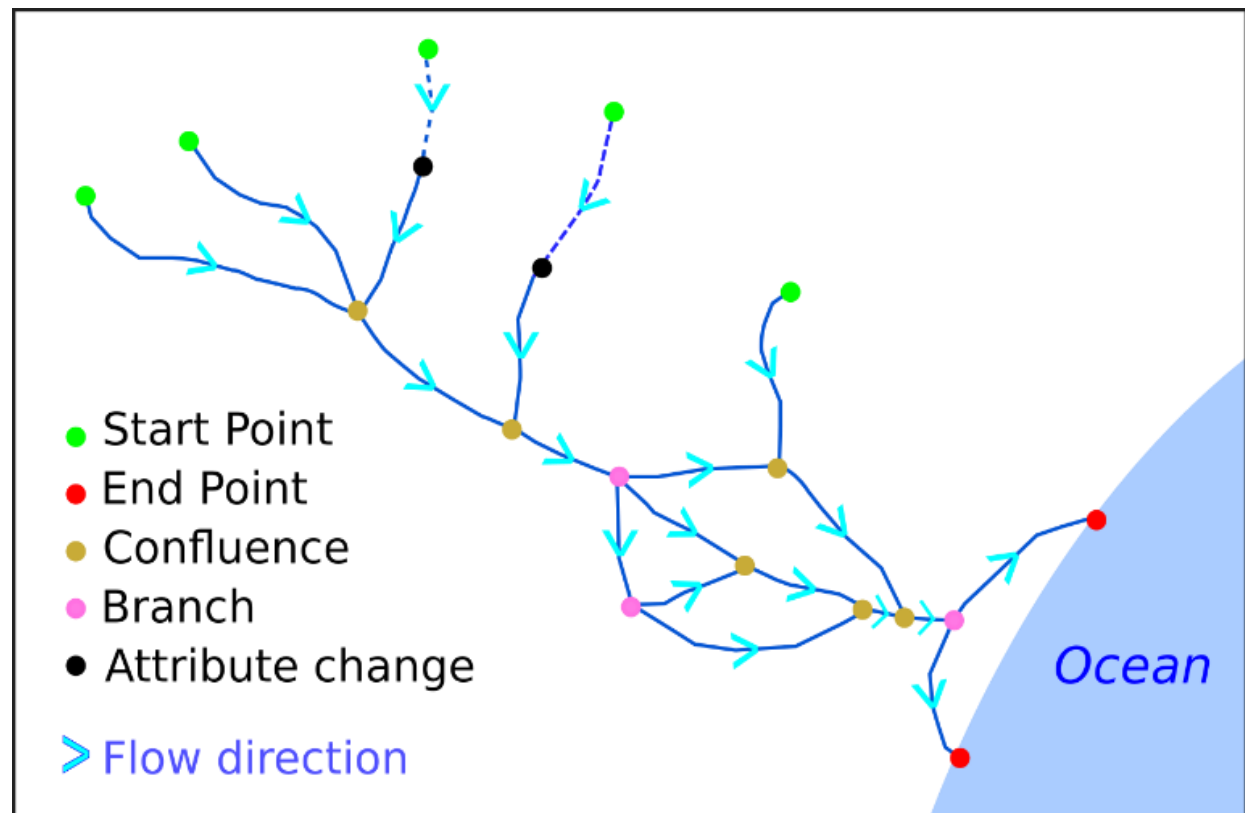
Confluence

- Ramificação

Branch

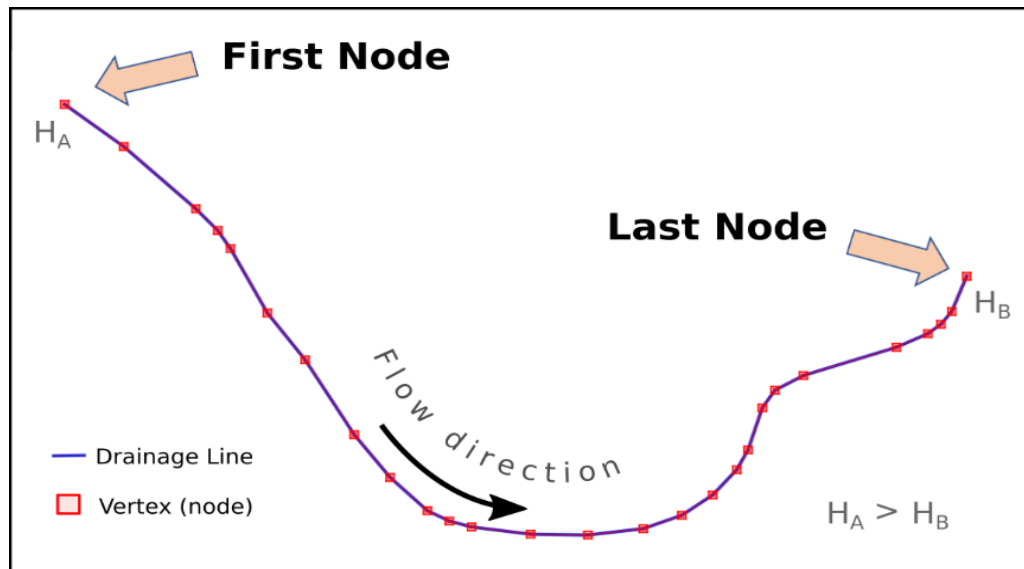
- Mudança de atributos

Attribute change



Direção do Fluxo na Rede de Drenagem

- A sequência dos pontos representa a direção do fluxo d'água.
- Influência da Gravidade.

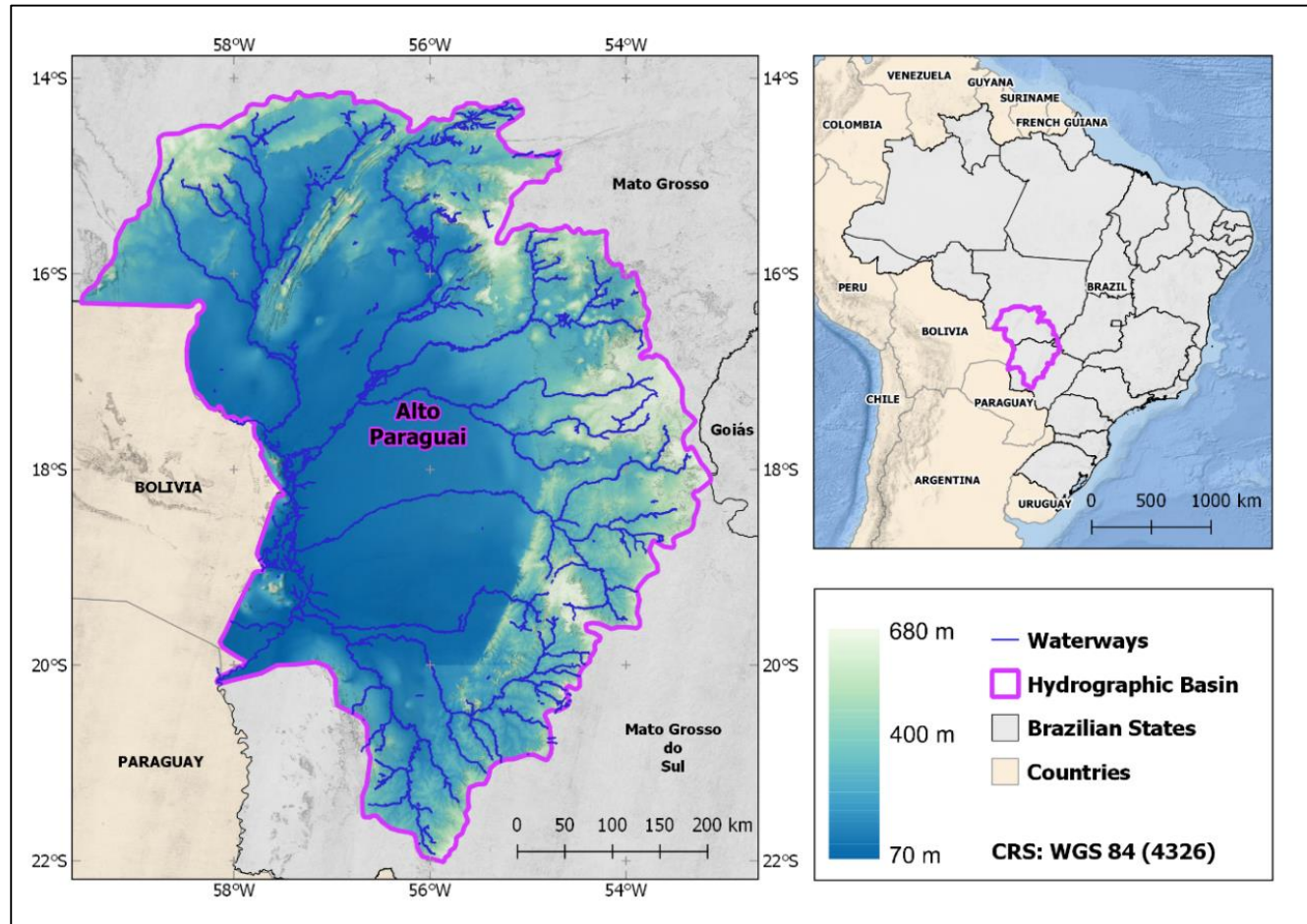


- Necessário a correta orientação dos trechos de drenagem e a perfeita conectividade entre os trechos da rede.
- Uma rede drenagem validada possibilita a identificação automática de todos os pontos de drenagem.

Objetivo

Apresentar as principais **inconsistências topológicas** encontradas em uma rede de drenagem através de um estudo de caso para os dados disponibilizados pelo **OSM** (classe ***Waterways***) considerando as feições da Bacia Hidrográfica do **Alto Paraguai**, no Pantanal brasileiro.

Área de Estudo



Waterways (OSM)

Geofabrik Download Server x +

← → ↻ <https://download.geofabrik.de>

OpenStreetMap Data Extracts

The OpenStreetMap data files provided on this server do **not** contain the user names, user IDs and changeset IDs of the OSM objects. These metadata fields contain personal information about the OpenStreetMap contributors and are subject to data protection regulations in the European Union. Please note that these regulations apply even to processing that happens outside the European Union because some OpenStreetMap contributors live in the European Union.
[Extracts with full metadata](#) are available to OpenStreetMap contributors only.

Welcome to Geofabrik's free download server. This server has data extracts from the [OpenStreetMap project](#) which are normally updated every day. Select your continent and then your country of interest from the list below. (If you have been directed to this page from elsewhere and are not familiar with OpenStreetMap, we highly recommend that you read up on OSM before you use the data.) This open data download service is offered free of charge by Geofabrik GmbH.

Willkommen auf dem Geofabrik-Downloadserver. Hier gibt es Daten-Auszüge aus dem [OpenStreetMap-Projekt](#), die normalerweise täglich aktualisiert werden. Wählen Sie aus dem Verzeichnis unten den Kontinent und ggf. das Land, für die Sie Daten benötigen. (Wenn Sie von anderswo auf dieser Seite gelandet sind und von OpenStreetMap nichts wissen, dann ist es empfehlenswert, sich mit dem Projekt vertraut zu machen, bevor Sie mit den Daten arbeiten.) Diese Downloads werden von der Geofabrik GmbH kostenlos angeboten.

Click on the region name to see the overview page for that region, or select one of the file extension links for quick access.

Sub Region	Quick Links		
	.osm.pbf	.shp.zip	.osm.bz2
Africa	[.osm.pbf] (2.5 GB)	✗	[.osm.bz2]
Antarctica	[.osm.pbf] (28.9 MB)	[.shp.zip]	[.osm.bz2]
Asia	[.osm.pbf] (6.3 GB)	✗	[.osm.bz2]
Australia and Oceania	[.osm.pbf] (603 MB)	✗	[.osm.bz2]
Central America	[.osm.pbf] (328 MB)	✗	[.osm.bz2]
Europe	[.osm.pbf] (18.7 GB)	✗	[.osm.bz2]
North America	[.osm.pbf] (7.9 GB)	✗	[.osm.bz2]
South America	[.osm.pbf] (1.3 GB)	✗	[.osm.bz2]

[Technical details](#) about this download service.

<https://download.geofabrik.de/>

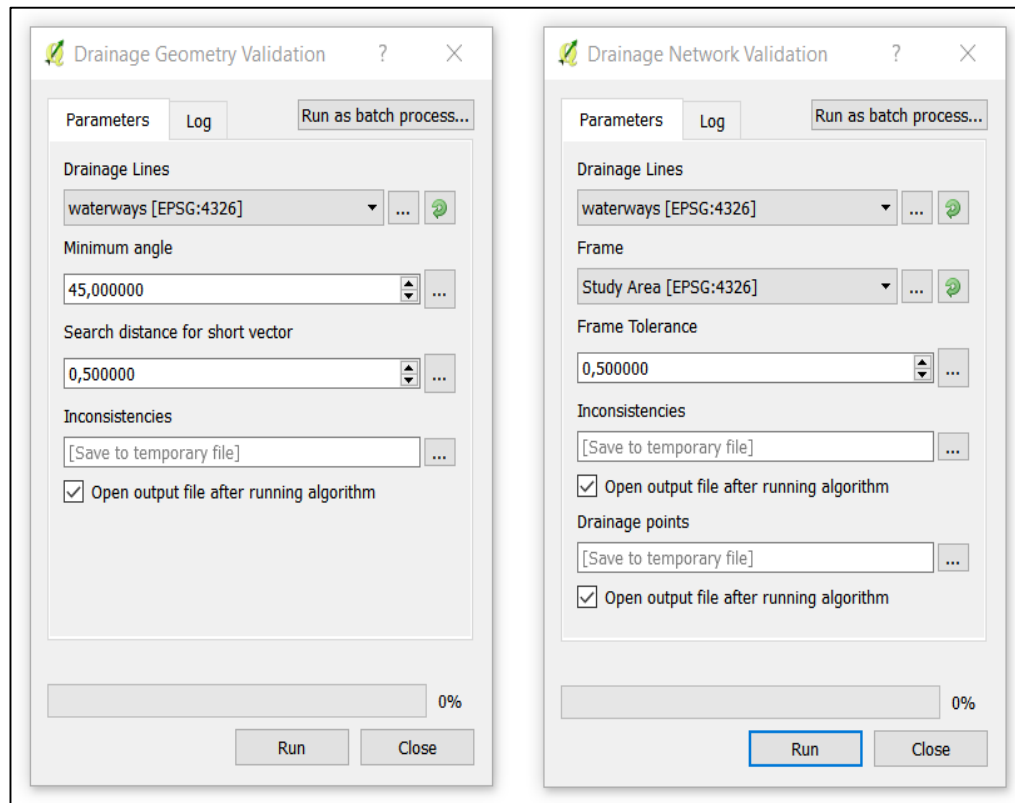
Algoritmos para Validação

Autor: Leandro França

Disponível em: www.github.com/LEOXINGU/drainage_validation



QGIS 2.18

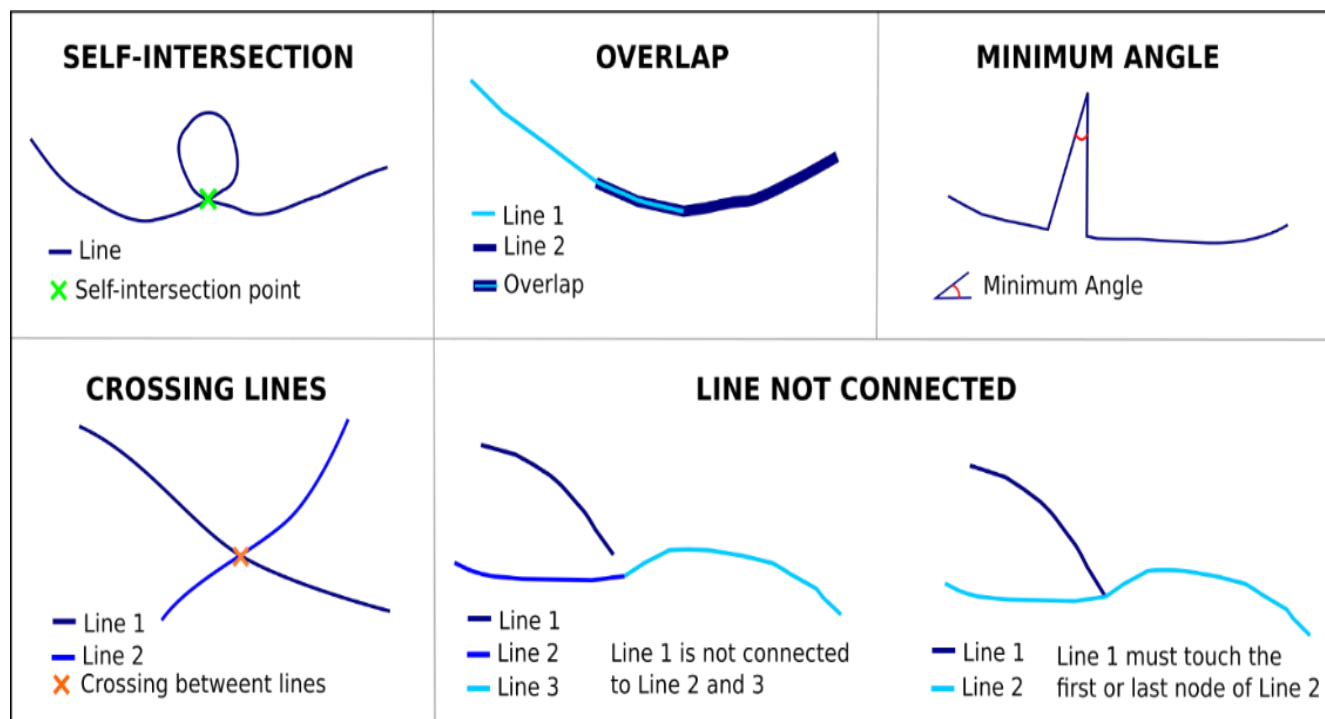


Python 2.7



Validação da Geometria

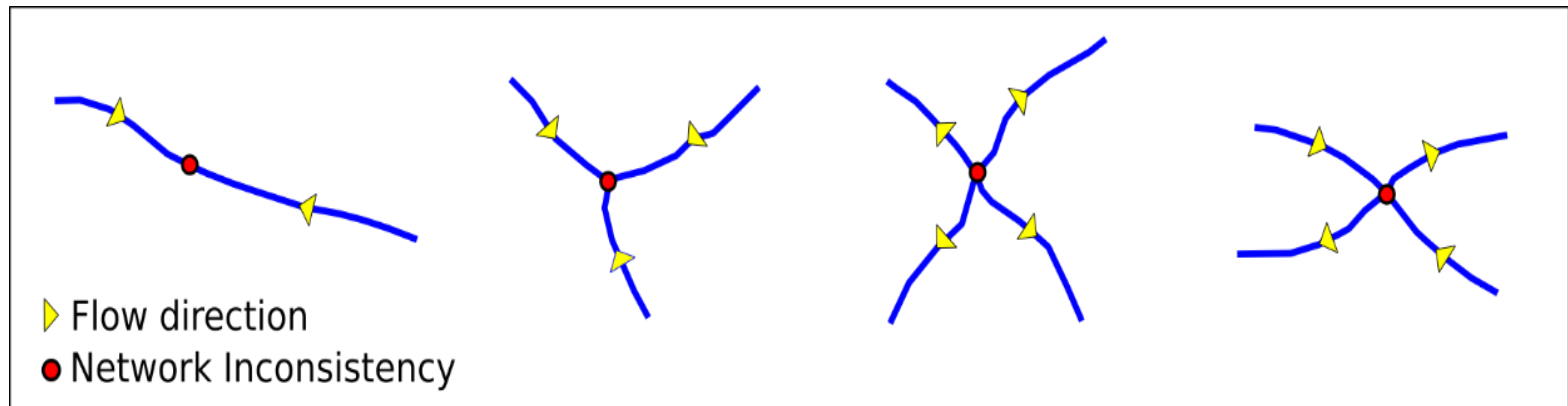
■ Inconsistências na construção da geometria:



Situações que não acontecem no mundo real.

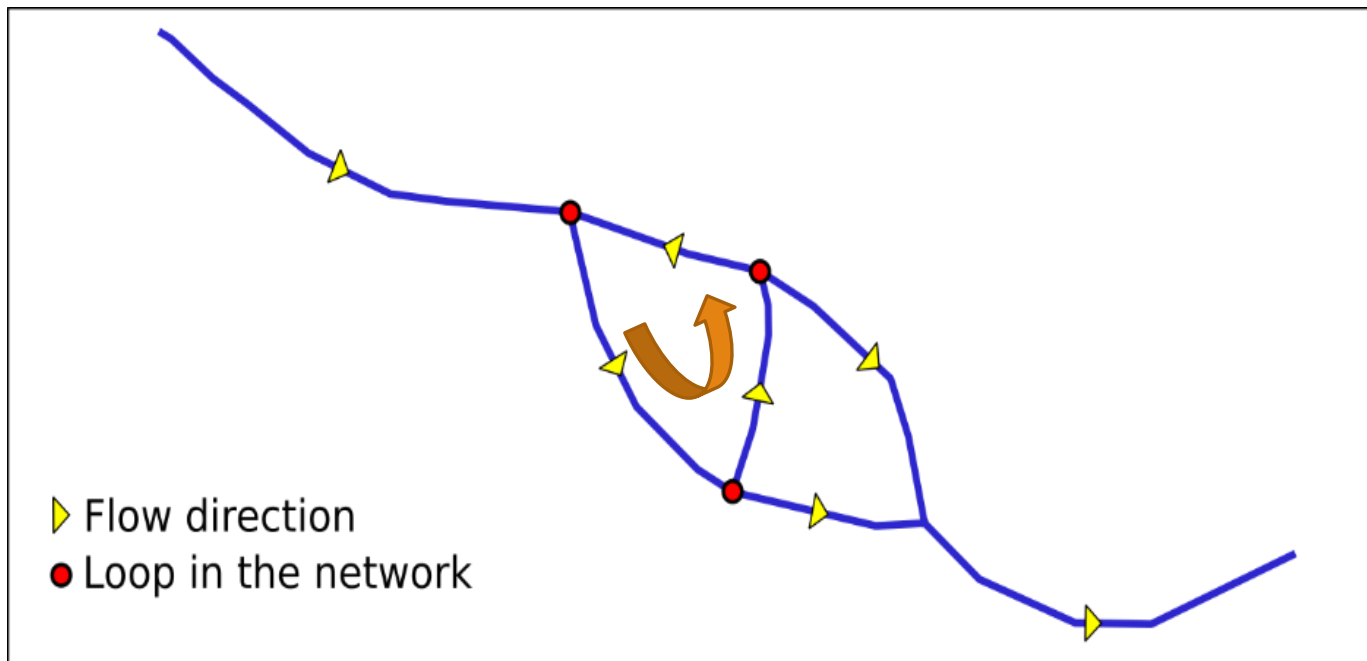
Validação da Rede

- Realizada após a correção dos problemas na construção das geometrias;
- As inconsistências da rede são checadas baseando-se nos primeiros e últimos pontos de cada trecho. Esses pontos devem ser classificados em uma das situações de **ponto de drenagem**, caso não seja, esse ponto é considerado uma **inconsistência**.



Validação de Rede (Loop)

- O fluxo d'água, em geral, não retorna para o mesmo ponto, deslocando-se apenas de montante para jusante.



Resultados

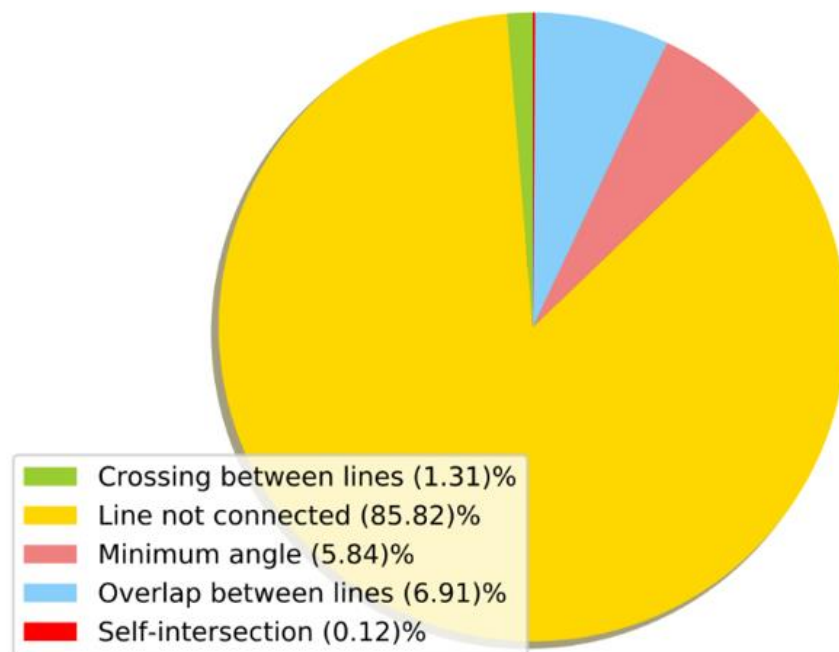
Foram avaliados 1992 trechos de drenagem (17.368 Km)

Parâmetros utilizados na validação geométrica:

- 0,5 m – distância de busca para linhas que não se conectam.
- 45° – ângulo mínimo.

Resultados da **Validação Geométrica**:

Inconsistency	Quantity
Crossing between lines	11
Line not connected	720
Minimum angle	49
Overlap between lines	58
Self-intersection	1

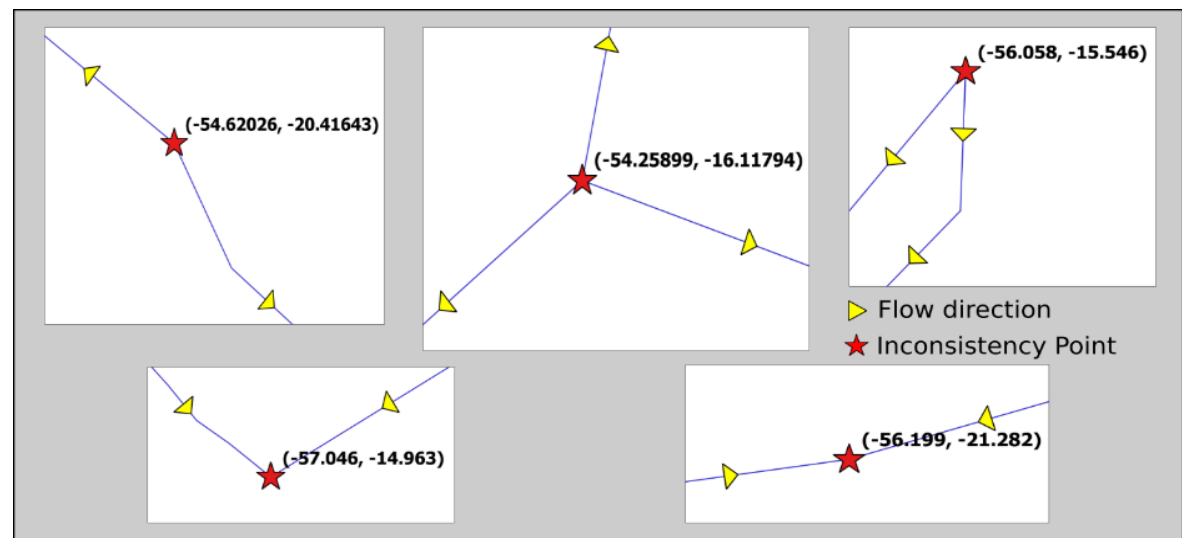


Resultados

Validação da Rede:

- É necessária a correção das inconsistências na construção das geometrias antes da validação da rede.
- Foi aplicada a ferramenta “*Drainage Network Validation*” no arquivo original, sem correções.
- **Resultados:**

Inconsistency	Quantity
Network problem	24
Loop	0



Discussões

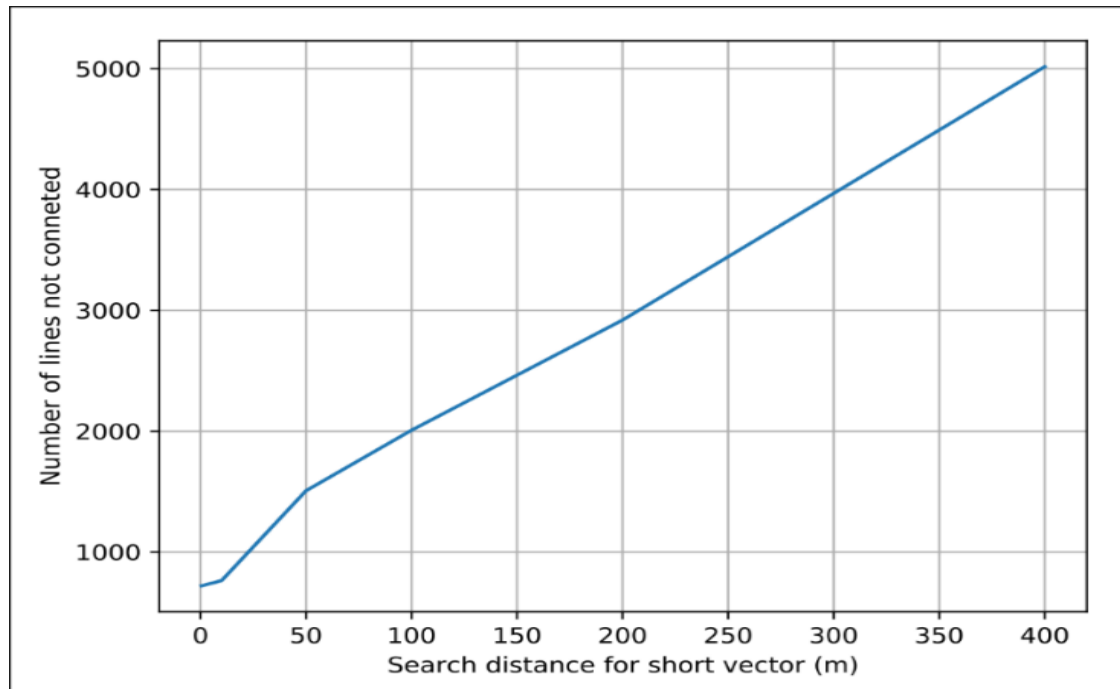
Pontos de Drenagem gerados automaticamente:

Drainage Point Type	Quantity
Start Point	941
End Point	804
Confluence	157
Branch	11
Attribute change	843

- Baixa conectividade entre as linhas:
 - Alto número de pontos final de drenagem
 - Baixo número de confluências e ramificações
 - Não identificação de loops
- O Ponto Final (*End Point*) no mundo real representa uma **Foz** para onde as águas convergem, desaguando em um lago ou oceano.
- Em outros casos o Ponto Final coincide com um **Sumidouro**, alimentando águas subterrâneas.

Discussões

Quando aumentada a distância de busca para identificar vetores curtos, observou-se que a quantidade de linhas não conectadas era bem maior.

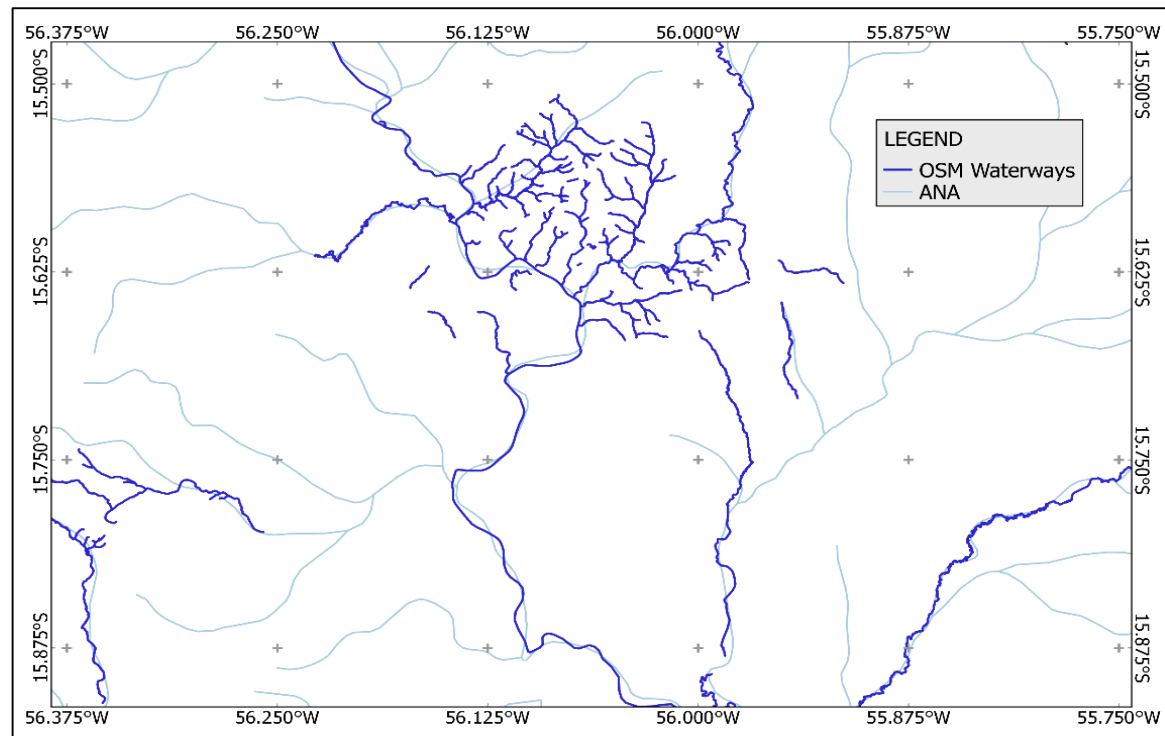


Discussões

- Muitas inconsistências podem ser corrigidas automaticamente:
 - Linhas que se cruzam
 - Auto interseção
 - Ângulo mínimo
 - Nós duplicados
 - Etc.
- No entanto, outras inconsistências necessitam de decisão de operador experiente:
 - Sobreposição de linhas com atributos diferentes
 - Linhas não conectadas
 - Completude

Discussões

- Muitos trechos de drenagem do OSM não estão conectadas na rede.
- Indica principalmente problemas de **COMPLETUDE**, ou seja, **OMISSÃO** de linhas que deveriam existir.
- Comparação dos Trechos de Drenagem do OSM em relação aos dados da Agência Nacional de Águas (ANA):



Linhas não conectadas e problemas de completude

Conclusão

- Duas ferramentas foram criadas para identificar inconsistências na construção das geometrias e validação topológica da rede de drenagem da classe **Waterways** do **OSM** em um estudo de caso para a bacia do **Alto Paraguai**.
- Maior parte das inconsistências encontradas estão relacionadas à **falta de conectividade** entre as linhas e revelam problemas de **completude**.
- A área de estudo inclui o Pantanal cujo comportamento da drenagem é bastante **complexo** e **varia com o passar dos anos**, sendo o seu mapeamento uma atividade **desafiadora**.
- O **controle de qualidade** de uma rede de drenagem prova que todos os cuidados foram tomados para que o modelo lógico de representação do mundo real esteja de acordo com as necessidades da análise e garantindo que seus resultados são **confiáveis**.

Referências

- Abed-Elmdoust, A., Singh, A. Yang, Z. L. (2017). Emergent spectral properties of river network topology: an optimal channel network approach. **Scientific reports**, 7(1), 11486.
- Albuquerque, L. B., & Oliveira, W. (2015). Caracterização da bacia hidrográfica do córrego Pratinha–Três Lagoas (MS) como subsídio ao planejamento ambiental. **Revista GeoPantanal**, 10(19), 87-99.
- Alther, R., & Altermatt, F. (2018). Fluvial network topology shapes communities of native and non-native amphipods. **Ecosphere**, 9(2).
- ANA - Agência Nacional de Águas. (2015). **Base Hidrográfica Ottocodificada**. 2ª Edição. Brasília. 2015. Avaliable in: <http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home?uuid=7bb15389-1016-4d5b-9480-5f1acdadd0f5>. Accessed in: Jun 16th, 2018.
- Andrades Filho, C. D. O. A., Zani, H., & Dos Santos Gradella, F. (2009). Extração automática das redes de drenagem no pantanal de Aquidauana: estudo comparativo com dados SRTM, ASTER e carta topográfica DSG. **Revista Geografia**. Rio Claro, v.34, Número Especial, p. 731-743.
- Bosquilia, R. W. D., Fiorio, P. R., Duarte, S. N., & Mingoti, R. (2015). Comparação entre métodos de mapeamento automático de rede de drenagem utilizando SIG. **Irriga**, 20(3), 445.
- Brovelli, M. A., Minghini, M., Molinari, M. E. (2016). An automated GRASS-based procedure to assess the geometrical accuracy of the OpenStreetMap Paris road network. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. 41, p. 919-925.

Referências

- Cherem, L. F. S., Magalhães Junior, A. P., & Faria, S. D. (2009). Análise morfológica de rede de drenagem extraída de MDE-SRTM. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 14, 7251-7258.
- Cristo, S. S. V., & Robaina, L. E. S. (2014). Caracterização da rede hidrográfica na estação ecológica Serra Geral do Tocantins, estados do Tocantins e Bahia. **Geografia Ensino & Pesquisa**, 18(3), 103-116.
- Cruz, D. T., Santos, A. P. (2016). Controle de Qualidade Posicional do Sistema Rodoviário do OpenStreetMap na região central de Viçosa-MG. **VI Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**.
- CONCAR - Comissão Nacional de Cartografia. (2010) **Especificação Técnica para a Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais**. ET-EDGV 2.1.3. Brasília - DF.
- Dos Santos, C. C. P., & Shiraiwa, S. (2012). Extração de redes de drenagem utilizando limiares de área acumulada máxima através de modelos digitais de elevação em diferentes escalas. **Anais 4º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, Bonito, MS, 20-24 de outubro 2012. Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.50-59.
- DSG - Diretoria de Serviço Geográfico. (2011). **Especificações Técnicas para a Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais**. ET-ADGV 2.1.3. Brasília – DF.
- DSG - Diretoria do Serviço Geográfico. (2016). **Norma da Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais**. ET-CQDG. 1ª Edição. Brasília – DF.
- ESRI. ArcGIS. (2016). **Topology Basics**. Available on: <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/topologies/topology-basics.htm>. Accessed in: June 14, 2018.

Referências

- França, L. L. S., Ferreira da Silva, L.F. (2018). Comparison between the Double Buffer Method and the Equivalent Rectangle Method for the quantification of discrepancies between linear features. **Boletim de Ciências Geodésicas**, 24(3).
- Geofabrik. (2016). **OpenStreetMap Data Extracts**. Available in: <http://download.geofabrik.de/>. Accessed in Sept 2017.
- Goodchild, M. F. (2007). Citizens as sensors: the world of volunteered geography. **GeoJournal**, 4, 211-222.
- GRASS Development Team. (2017). **Geographic Resources Analysis Support System (GRASS 7) Programmer's Manual**. Open Source Geospatial Foundation Project. Electronic document: <http://grass.osgeo.org/programming7/>.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2017). **Avaliação da qualidade de dados geoespaciais**. Manuais técnicos de geociências. Coordenação de Cartografia. Rio de Janeiro.
- ISO – International Organization for Standardization. (2013). 19.157: 2013. Geographic information – Services. **Quality management systems-Requirements** (ISO 19.157: 2013).
- Leonardi, F., & Silva, E. A. D. (2007). Aplicação de rotinas morfológicas para detecção de redes de drenagem. **Anais I Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul**. Taubaté, Brasil, 07-09 novembro 2007, IPABHi, p. 175-182.
- Martins Junior, O. G., Mercedes Strauch, J. C., Barreto do Santos, C. J., Ribeiro Borba, R. L., & Moreira de Souza, J. (2016). Informação Geográfica Voluntária no Processo de Reambulação. **Boletim de Ciências Geodésicas**, 22(4).
- Monteiro, E. V., Fonte, C. C., & de Lima, J. L. P. (2015). Exatidão posicional de redes hidrográficas extraídas de MDE gerados a partir de MDE globais e de dados extraídos do OpenStreetMap. **VIII Conferência Nacional de Cartografia e Geodésia**.
- Nascimento, P. S., Petta, R. A., & Garcia, G. J. (2009). Confecção do mapa de densidade de drenagem através de geotecnologias visando definir a vulnerabilidade aos processos erosivos na sub-bacia do baixo Piracicaba (SP). **Estudos Geográficos: Revista Eletrônica de Geografia**, 6(1), 19-35.

Referências

- Paranhos Filho, A. C., Leonardo Mioto, C., Machado, R., Veríssimo Gonçalves, F., de Oliveira Ribeiro, V., Marcelo Grigio, A., & da Silva, N. M. (2017). Controle Estrutural da Hidrografia do Pantanal, Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**, 40(1).
- Passos, J. B. Carvalho, R. B. Penha, A. L. T. França. L. L. S. (2017). Estruturação e validação de dados geográficos em ambiente orientado a objeto do Sistema Gothic. **Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto -SBSR**. INPE Santos - SP, Brasil. p. 795-802.
- Rennó, C. D.; Nobre, A. D.; Cuartas, L. A.; Soares, J. V.; Hodnett, M. G.; Tomasella, J.; Waterloo, M. J. Hand. (2008). A new terrain descriptor using SRTM-DEM: mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 112, n. 9, p. 3469-3481.
- Rudi, G., Bailly, J. S., & Vinatier, F. (2018). Using geomorphological variables to predict the spatial distribution of plant species in agricultural drainage networks. **PloS one**, 13(1), e0191397.
- Santos, A. P., Domingos, D., Terra Santos, N., Gripp Junior, J. (2016). Avaliação da acurácia posicional em dados espaciais utilizando técnicas de estatística espacial: proposta de método e exemplo utilizando a norma brasileira. **Boletim de Ciências Geodésicas**, 22(4).
- Santos Silva, N., Ribeiro, C. A. A. S., Barroso, W. R., Ribeiro, P. E. Á., Soares, V. P., & Silva, E. (2008). Sistema de otto-codificação modificado para endereçamento de redes hidrográficas. An improved stream network addressing system the modified pfafstetter coding scheme. **Revista Árvore**, 32(5), 891-897.
- Sehra, S. S., Singh, J., Rai, H. S. 2014. A Systematic Study of OpenStreetMap Data Quality Assessment. **11th International Conference on Information Technology: New Generations**.
- Ramm, F. (2017). **OpenStreetMap Data in Layered GIS Format**. Available in: <https://download.geofabrik.de/osm-data-in-gis-formats-free.pdf>. Accessed on: Sept 2017.
- Yang, S., Paik, K., McGrath, G., Urich, C., Kruger, E., Kumar, P., & Rao, P. S. C. (2017). **Comparing Topology of Engineered and Natural Drainage Networks**. *arXiv preprint arXiv:1707.04911*.

Muito Obrigado!

Leandro França



Email: geoleandro.franca@gmail.com