


Universidade Federal de Juiz de Fora
Faculdade de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil




Monitoramento e Modelagem em Recursos Hídricos

Bacia Hidrográfica


Prof. Celso Bandeira de Melo Ribeiro

1



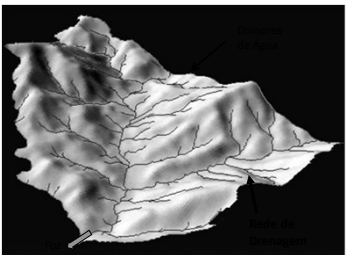
Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF
Faculdade de Engenharia

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PEC
Prof. Celso Bandeira de Melo Ribeiro




Bacia Hidrográfica

• A **bacia hidrográfica** é uma área natural da superfície terrestre delimitada topograficamente pelos pontos mais altos do terreno, conhecidos como *divisores de água*, na qual a água precipitada que cai dentro de seus limites provoca *escoamentos direcionados para um único ponto, a sua foz*.




2



Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF
Faculdade de Engenharia

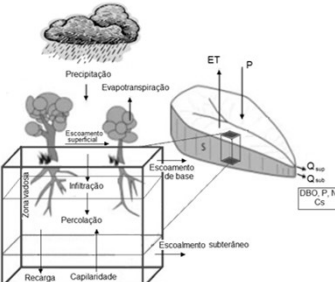
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PEC
Prof. Celso Bandeira de Melo Ribeiro




Balanço Hídrico

$P - ET = ES + \Delta S$

- P = Precipitação
- ET = Evapotranspiração
- ES = Escoamento Superficial (Reservatórios, etc)
- ΔS = Armazenamento no Subsolo (umidade do solo, armazenamento de água no solo)




3



Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF
Faculdade de Engenharia

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PGC
Prof. Celso Bandeira de Melo Ribeiro




Bacia Hidrográfica

Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos


- A **bacia hidrográfica** é a *unidade de gerenciamento* dos recursos hídricos (Lei 9.433/97).
- Tal definição é **ecologicamente acertada** para a maioria das regiões brasileiras, pois a superfície natural da Terra já é naturalmente dividida pelo relevo em **bacias hidrográficas** e os principais fenômenos hidrológicos ocorrem no interior das bacias hidrográficas.

4



Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF
Faculdade de Engenharia


Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PGC
Prof. Celso Bandeira de Melo Ribeiro



Modelagem Hidrológica em Bacias Hidrográficas


- Cabe ressaltar que:
 - A **bacia hidrográfica** constitui um sistema físico muito complexo, heterogêneo e variável no tempo e no espaço.
 - Portanto, **qualquer modelo matemático que pretenda representá-la**, por mais complexo e detalhado que seja, **constitui sempre uma aproximação da realidade**, e sua adequação ao sistema só pode ser julgada pelo **confronto dos resultados obtidos no processo de modelagem com os dados observados no campo**.

5




Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF
Faculdade de Engenharia

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PGC
Prof. Celso Bandeira de Melo Ribeiro



Análise em Grande Escala

04




North America	Europe	Asia and Australia
1. Yukon	21. Danube	13. Ganges
2. Mississippi	22. Rhine	14. Ob
3. Amazon	23. Nile	15. Lena
4. Amazon	24. Congo	16. Yangtze
5. Amazon	25. Congo	17. Mekong
6. Amazon	26. Congo	18. Ganges and Brahmaputra
7. Amazon	27. Congo	19. Irrawaddy
	28. Congo	20. Huang He
	29. Congo	21. Indus

Source: United Nations Development Programme (UNDP), World Conservation Monitoring Centre (WCMC), World Resources Institute (WRI), International Association for Great Lakes Research (IAGLR), World Commission on Dams (WCD), World Commission on Environment and Development (WCED).

https://farm6.staticflickr.com/5551/3221260922_0a300894e5_o.jpg


6




Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF
Faculdade de Engenharia

Exemplo: Bacia Amazônica

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC
Prof. Celso Bandeira de Melo Ribeiro



- Maior bacia hidrográfica do mundo
- Aproximadamente **6,100,000 km²**
- Ocupa territórios de:
 - Brasil, Peru, Equador, Bolívia, Colômbia, Venezuela and Guayana
- Cobre aproximadamente **um terço do continente sul americano.**



Legend
 Amazon Watershed
 South America-DEM
 Value
 High : 6656
 Low : 0

0 500 1,000 2,000 3,000 4,000 Miles

7

8

9



10

Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF
Faculdade de Engenharia

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PGC
Prof. Celso Bandeira de Melo Ribeiro

Dados Espaciais dos Componentes do Balanço Hídrico com base em Sensoriamento Remoto

COMPONENTE DO BALANÇO HÍDRICO	Satélites	Modelos Globais
Precipitação	TRMM, GPM	GLDAS
Evapotranspiração	Landsat, Terra, Aqua	
Umidade do Solo	SMAP	
Água Subterrânea	GRACE, GRACE-FO	
Nível de Reservatórios	Jason 1, 2, 3	
Escoamento Superficial		

Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM): 11/1997 - 04/2015
 Global Precipitation Measurement (GPM): 02/2014 - presente
 Landsat 7: 04/1999 - presente
 Landsat 8: 02/2013 - presente
 Terra: 12/1999 - presente
 Aqua: 05/2002 - presente
 Soil Moisture Active Passive (SMAP): 01/2015 - presente
 Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE): 03/2002 - 10/2017
 GRACE Follow-on (GRACE-FO): 05/2018 - presente
 Jason 2: 06/2008 - presente
 Jason 3: 01/2016 - presente

TRMM = 3h frequência (resol. Temporal)
 GPM = 30min. (resol. Temporal)


11

Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF
Faculdade de Engenharia


Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PGC
Prof. Celso Bandeira de Melo Ribeiro

Obter o Limite das Bacias Hidrográficas é Fundamental para Aplicar o Balanço Hídrico

12




Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF
 Faculdade de Engenharia



Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPEC
 Prof. Celso Bandeira de Melo Ribeiro


Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)

- A *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) foi uma missão espacial coordenada pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) e NGA (*National Geospatial-Intelligence Agency*) para obter o modelo digital do terreno da superfície terrestre entre as latitudes 56°S e 60°N, cobrindo cerca de 80% da superfície da terra.
- Foi a primeira missão de levantamento da superfície da terra com escala quase-global.
- Em 11 de Fevereiro de 2000 a Missão iniciou com o lançamento para o espaço do radar a bordo do ônibus espacial Endeavour.




<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/ncsi.htm>

13



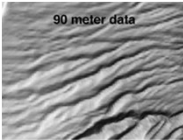
Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF
 Faculdade de Engenharia



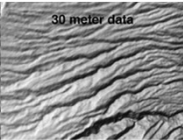
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPEC
 Prof. Celso Bandeira de Melo Ribeiro

Resolução da Imagem

- Por algum tempo os dados eram disponibilizados com uma resolução espacial de:
 - 30 m (1 arco-Segundo) para os Estados Unidos e
 - 90 m (3 arcos-Segundo) para os demais países.
- Em 23 de setembro de 2014 a Casa Branca anunciou que os dados topográficos de alta resolução (30 m) adquiridos pelo SRTM serão disponibilizados para todo o mundo a partir do ano de 2015.




90 meter data




30 meter data

<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/ncsi.htm>

14



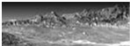
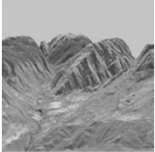
Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF
 Faculdade de Engenharia



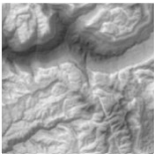
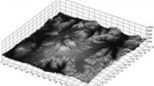
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPEC
 Prof. Celso Bandeira de Melo Ribeiro

Produtos

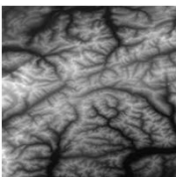
Perspectivas – 3D

Superfícies com diferentes faixas de altitude

Definição de redes de drenagem e bacias hidrográficas



15

Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF
Faculdade de Engenharia

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PGC
Prof. Celso Bandeira de Melo Ribeiro

Site indicado para baixar o MDE

<http://www.dsr.inpe.br/topodata/dados.php>

TOPODATA
Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil

Os dados foram disponibilizados em formato correspondente às etapas de processamento dos dados SRTM: processamento de folhas, refinamento, derivação e pós-processamento, de acordo com o Nomenclatura SRTM.

Atenção: O arquivo MDE (formato .tif) é um arquivo de imagem de 32 bits por canal (RGB) e não pode ser aberto diretamente no ArcView. Para visualizar o MDE, é necessário convertê-lo para um formato de imagem de 8 bits por canal (RGB) ou para um formato de imagem de 1 bit por canal (B&W).

Copyright de arquivos de TOPODATA pertencem ao Inpe e ao Departamento de MDE. Os dados MDE são arquivos disponibilizados apenas como referência e não devem ser utilizados para fins comerciais.

16

Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF
Faculdade de Engenharia

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PGC
Prof. Celso Bandeira de Melo Ribeiro

Definir a quadrícula de interesse

17

Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF
Faculdade de Engenharia

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PGC
Prof. Celso Bandeira de Melo Ribeiro

Escolher o Formato do Arquivo

1. Arquivos em colunas por UTM, extensão .tif

Arquivo: _M.tif

Observação: os arquivos XYZ têm margens de 30 linhas/colunas (equivalente a 0,020° ou 1,3') além dos limites nominais correspondentes às folhas de atenuação 1:250.000.

2. Grades (matrizes), extensão .grid

Arquivo: _M.grid

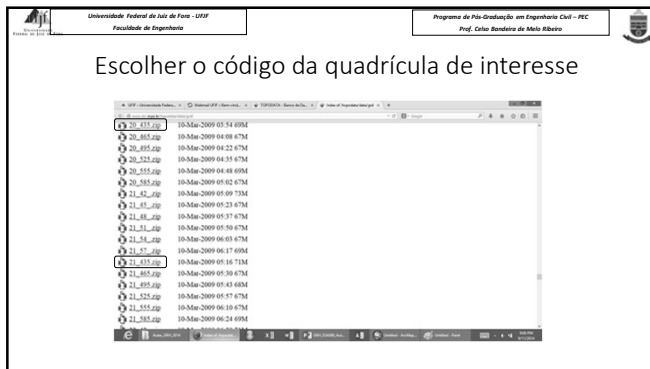
Observação: os arquivos de grade têm margens de 90 linhas/colunas (equivalente a 0,020° ou 1,3') além dos limites nominais correspondentes às folhas de atenuação 1:250.000.

3. Planos de Informação em GeoTIFF (2D bits), extensão .tif

Arquivo: _M.tif

Atenção: o arquivo MDE (formato .tif) é um arquivo de imagem de 32 bits por canal (RGB) e não pode ser aberto diretamente no ArcView. Para visualizar o MDE, é necessário convertê-lo para um formato de imagem de 8 bits por canal (RGB) ou para um formato de imagem de 1 bit por canal (B&W).

18



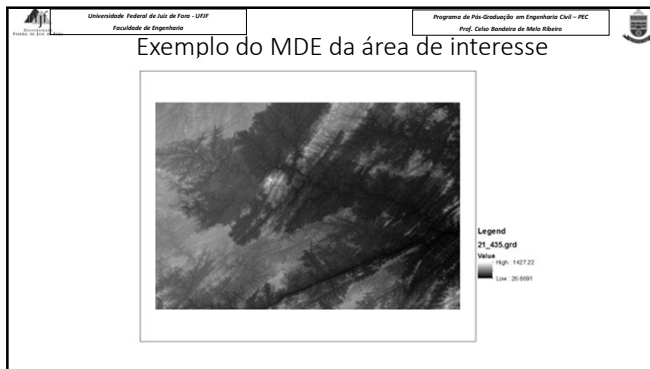
19



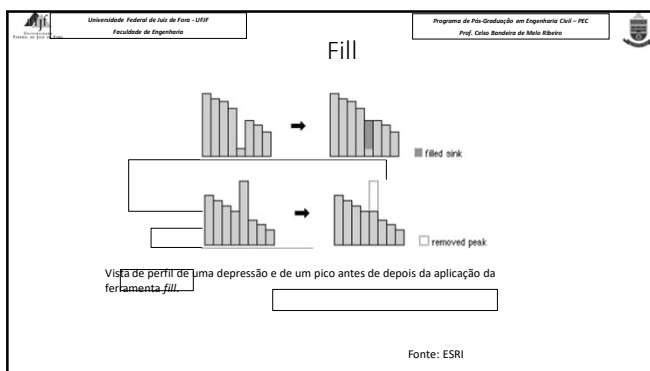
20



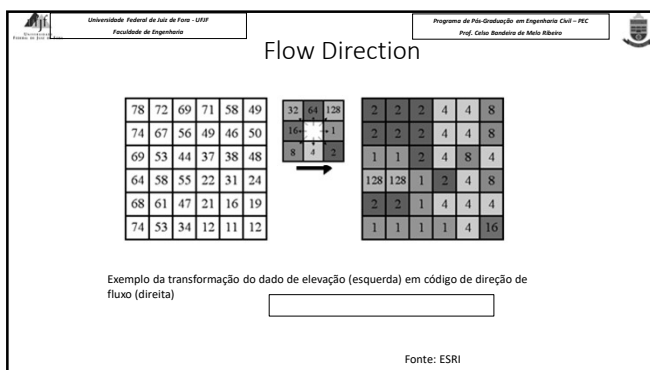
21



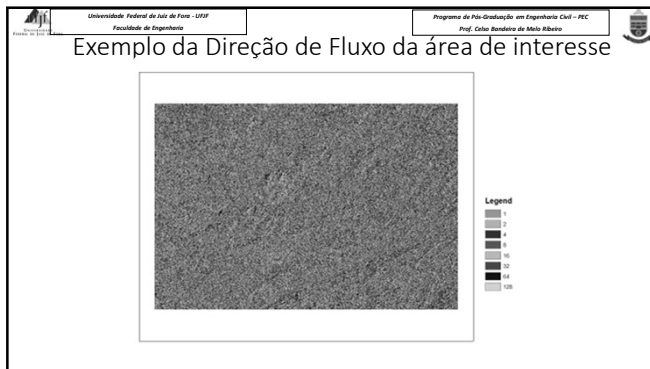
22



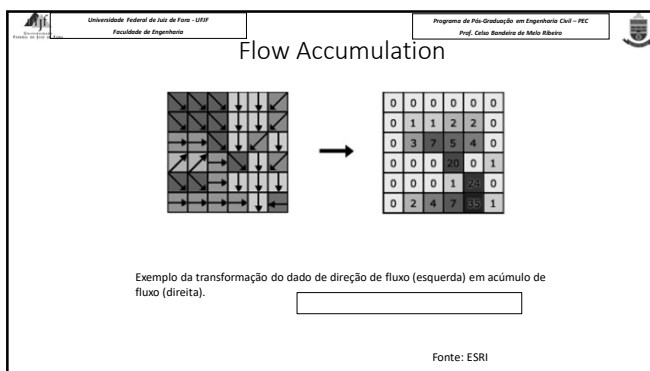
23



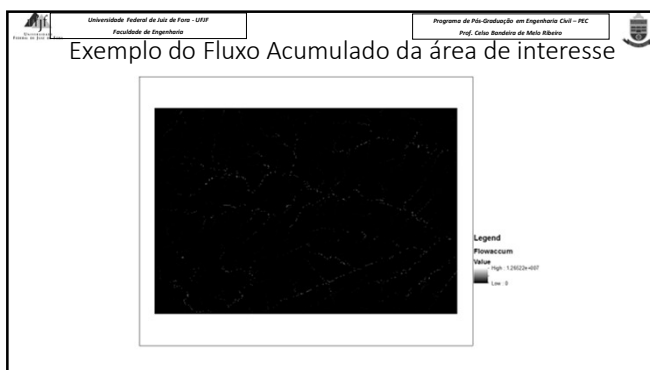
24



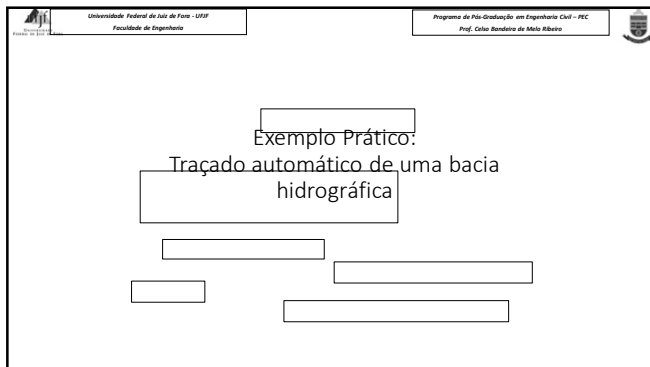
25



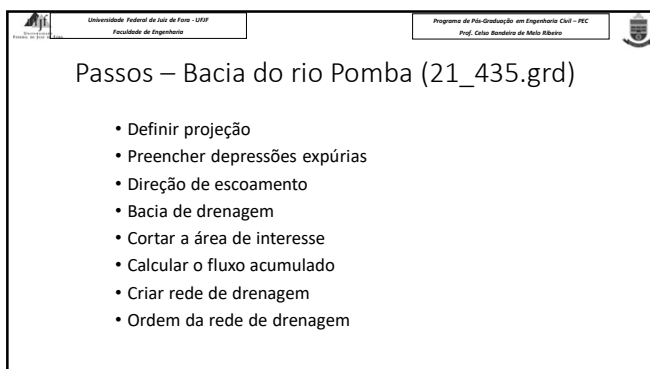
26



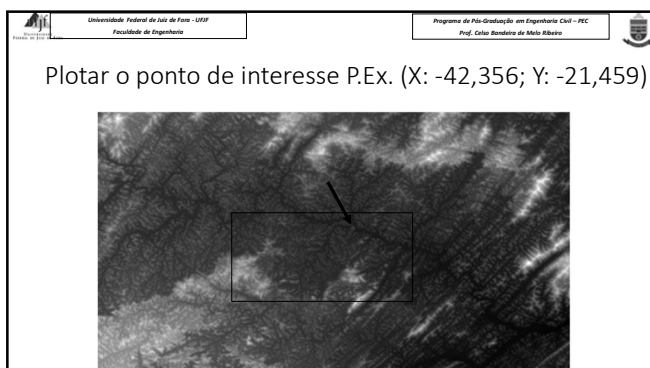
27



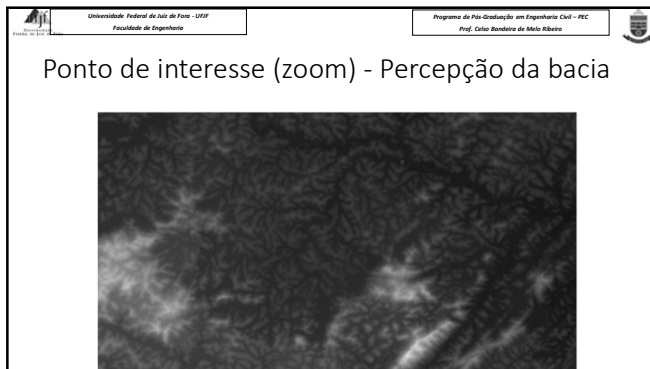
28



29



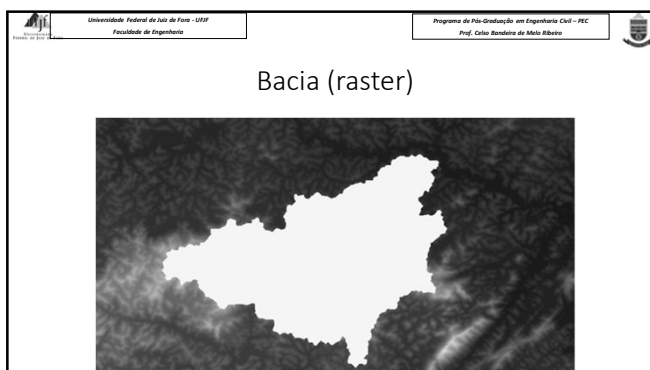
30



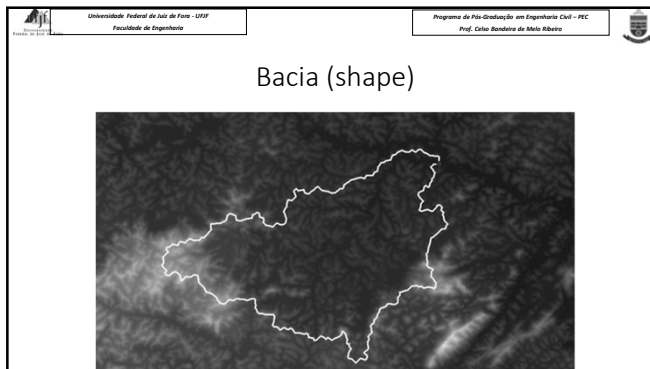
31



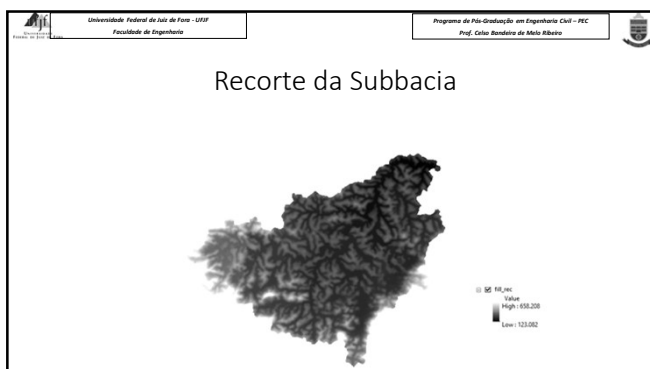
32



33



34



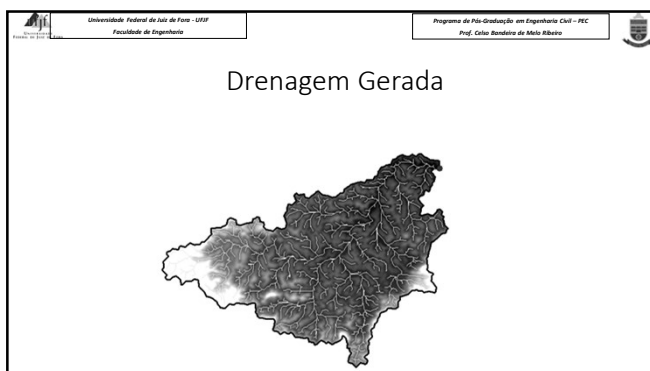
35



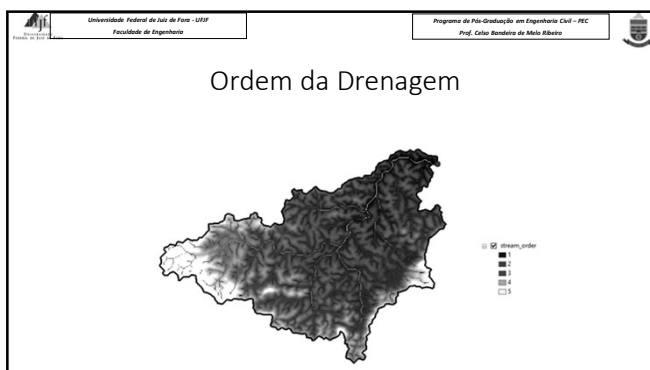
36




37




38



39



Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF
 Faculdade de Engenharia




Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPEC
 Prof. Celso Bandeira de Melo Ribeiro


Comandos QGIS (Whitebox)

1. **Preenchimento de Depressões Espúrias:** Breach Depressions
2. **Direção de Fluxo:** D8Pointer
3. **Fluxo Acumulado:** D8 Flowaccumulation (OBS: clicar em Is the input raster a D8 flow pointer: (optional) → Para informar que o arquivo de entrada é um D8(direcs)
4. **Gerar a Rede de Drenagem:** (Fora do módulo de análise hidrológica): Stream Network Analysis
=>> ExtractStreams (Informar um limiar: Threshold): P.Ex. 1000 células...
5. **Transformando de Raster to Shape:** Dentro de Stream Network Analysis: RasterStreamsToVector (OBS: informar o Stream_raster e o D8)
6. **Delimitando a Bacia Hidrográfica:** Watershed =>> Precisa de dois arquivos (D8 e Exutório da bacia) =>> Converter para polígono (shapefile)

40




Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF
 Faculdade de Engenharia




Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPEC
 Prof. Celso Bandeira de Melo Ribeiro

Base de Dados Mundiais HydroSHEDS

41




Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF
 Faculdade de Engenharia

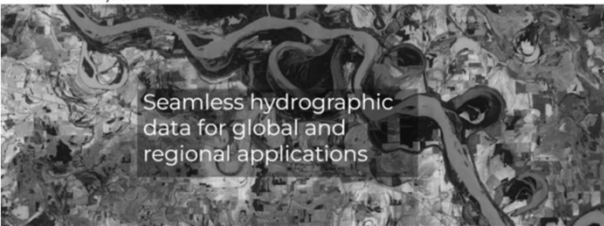


Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPEC
 Prof. Celso Bandeira de Melo Ribeiro

<https://www.hydrosheds.org/>



Home About Products Applications FAQ



Seamless hydrographic
data for global and
regional applications


42

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
Faculdade de Engenharia

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PGC
Prof. César Rendon de Melo Ribeiro

HydroSHEDS

<https://www.hydrosheds.org/>



HydroSHEDS Amazon Basin
River network derived from SRTM elevation data at 500 m resolution

Only major rivers and streams are visualized
River line width proportional to upstream basin area

- Hydrological data and maps based on Shuttle Elevation Derivatives at multiple Scales (HydroSHEDS);
- HydroSHEDS utiliza o modelo digital de elevação do terreno obtido pelo Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), um radar de banda-C (5.6 cm), levado a bordo do Space Shuttle Endeavour, em 2001.

43

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
Faculdade de Engenharia

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PGC
Prof. César Rendon de Melo Ribeiro

HydroSHEDS – Disponibilidade dos Dados

Os dados estão disponíveis, normalmente com a seguinte convenção:
Extent_DataType_Resolution

Resolution			
Identifier	in seconds	in degrees	in meters/km
3s	3 arc-second	0.000833333333333333	approx. 90 m at the equator
15s	15 arc-second	0.00416666666666667	approx. 500 m at the equator
30s	30 arc-second	0.00833333333333333	approx. 1 km at the equator
5m	5 minute	0.0833333333333333	approx. 10 km at the equator

Extent	
Identifier	File names of layers are
AF	Africa
AS	Asia
AU	Australasia
CA	Central America (Mexico and Caribbean)
EU	Europe and Middle East
NA	North America (USA and Canada)
SA	South America

Data type	
Identifier	Type of data
DEM	Digital Elevation Model (void-filled)
CON	Hydrologically conditioned elevation
DIR	Drainage directions
ACC	Flow accumulation (number of cells)
RNV	River network (stream lines)
BAS	Drainage basins (watershed boundaries)

<https://www.hydrosheds.org/page/availability>

44

HydroSHEDS

Overview Development Availability FAQs License Links HydroBASINS HydroWATERS HydroJAGES HydroATLAS GbRC

Welcome to the HydroSHEDS website!
This is the official and only maintained website providing HydroSHEDS data. You currently can also find HydroSHEDS at the USGS mirror site (see Links above), but note that the USGS site is no longer updated.

NEW products: Global River Classification GbRC and HydroATLAS
We would like to announce a new dataset - the Global River Classification GbRC. For information and data go [here](#).
And the new hydro-environmental attribute database HydroATLAS is [here](#).

Hydrological data and maps based on Shuttle Elevation Derivatives at multiple Scales
HydroSHEDS is a mapping product that provides hydrographic information for regional and global-scale applications in a consistent format. It offers a suite of geo-referenced data sets (vector & raster) at various scales, including river networks, watershed boundaries, drainage directions, and flow accumulations. HydroSHEDS is based on high-resolution elevation data obtained during a Space Shuttle flight for NASA's Shuttle Radar Topography Mission (SRTM).

grib_summary_en.pdf RiverBasins_WB_Summary.pdf Water Budgets for Cities Fundamentals_of_Hydrology Fundamentals_of_Hydrology

45



46



47



48

49

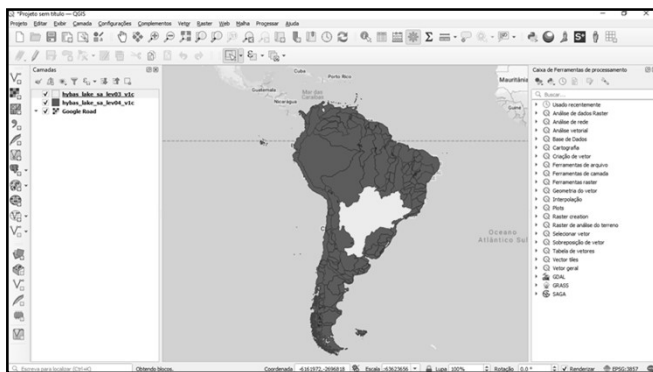
[illegible]

50

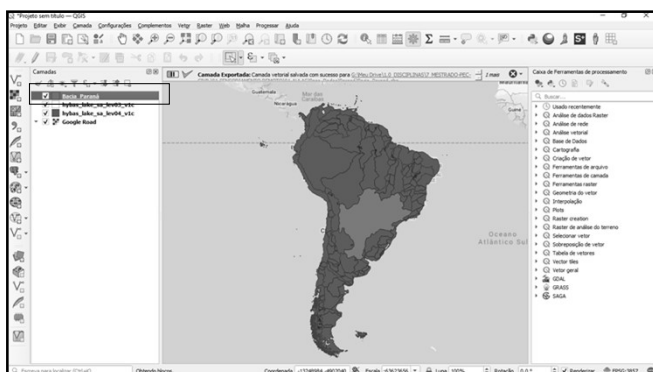
51



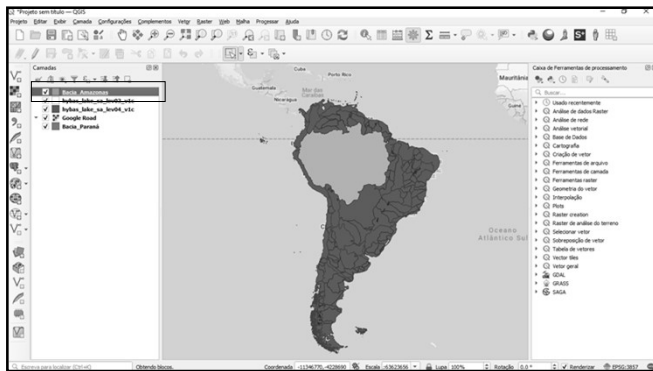
52



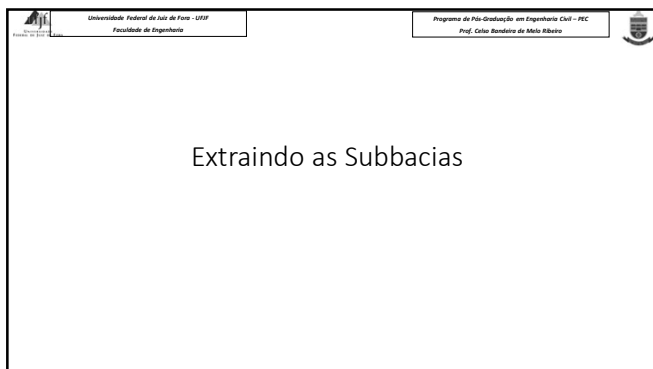
53



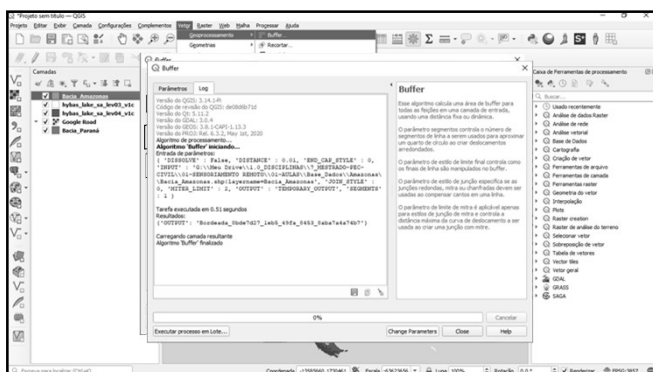
54



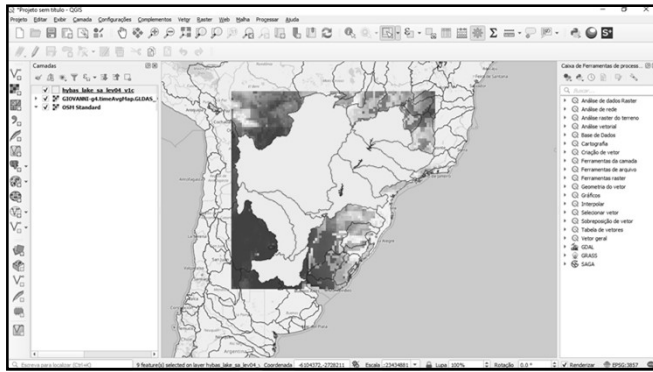
55



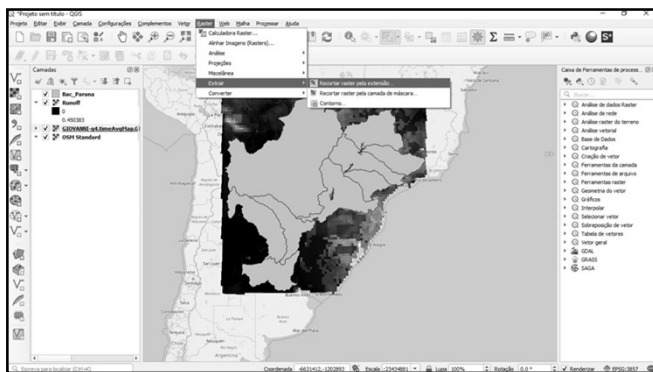
56



57



61



62
