



O USO DA LINGUAGEM ESPACIAL PARA GEOPROCESSAMENTO ALGÉBRICO NA IDENTIFICAÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR A PARTIR DA DECLIVIDADE DO TERRENO

Antônio Ivo Gomes Barbosa
03 de junho de 2021

MOTIVAÇÕES

- Setor canavieiro apresenta notória importância econômica nacional;
- Lei Estadual nº 5.990, de 20 de junho de 2011: queima da palha da cana-de-açúcar em áreas com declividade menor que 12% deverá ser 100% eliminada até o ano de 2024;



Fig. 1: Queima da Palha da Cana-de-Açúcar. Fonte: APLACANA (2016).



Fig. 2: Colheita da Cana-de-Açúcar. Fonte: AcidadeON (2016)

PROBLEMA

- Diferentes MDE podem gerar distintos cenários que visam a aplicação da Lei Estadual nº 5.990, de 20 de junho de 2011.

OBJETIVO

- Estimar área plantada de cana-de-açúcar no município de Campos dos Goytacazes - RJ em talhões cuja declividade do terreno seja inferior a 12% e igual ou maior que 12% nos distintos MDE;

HIPÓTESE

- Município de Campos dos Goytacazes - RJ possui maior parte da área de cana plantada em talhões com declividade do terreno inferior a 12%;

ÁREA DE ESTUDO

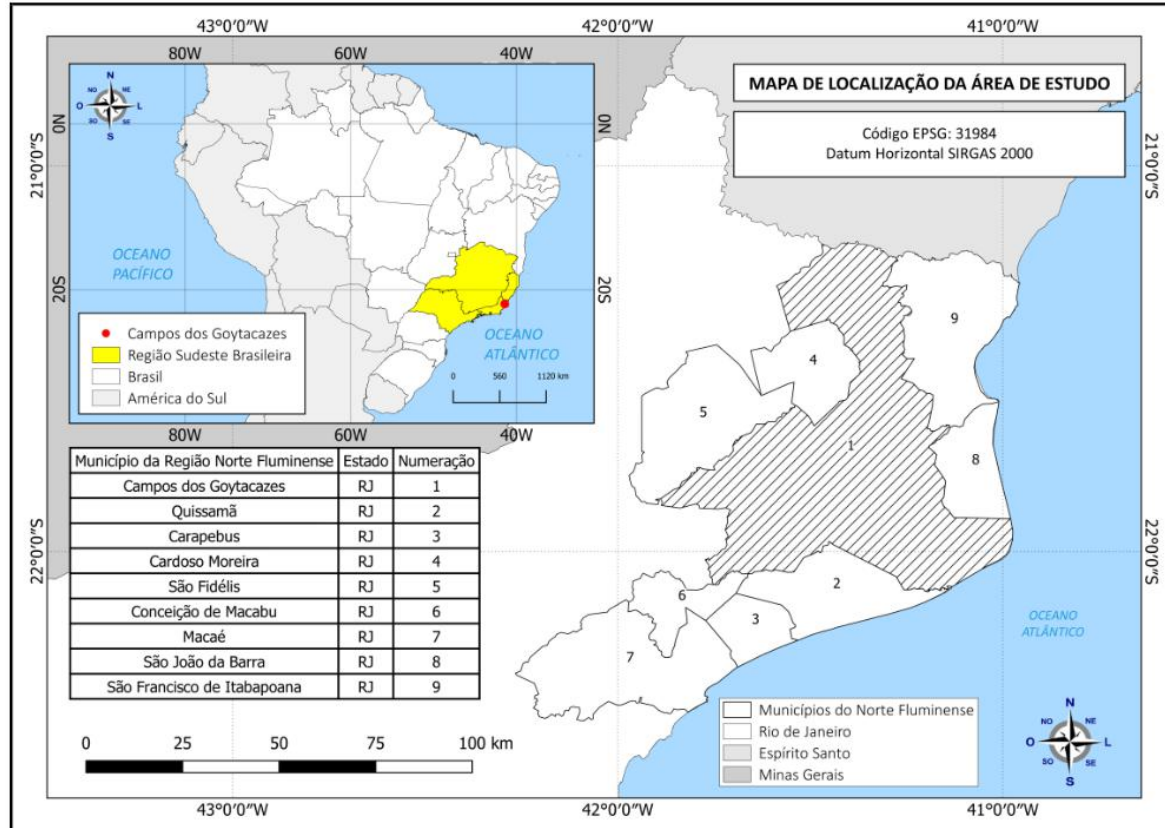


Fig. 3: Mapa da área de estudo. Fonte: BARBOSA et al (2020).

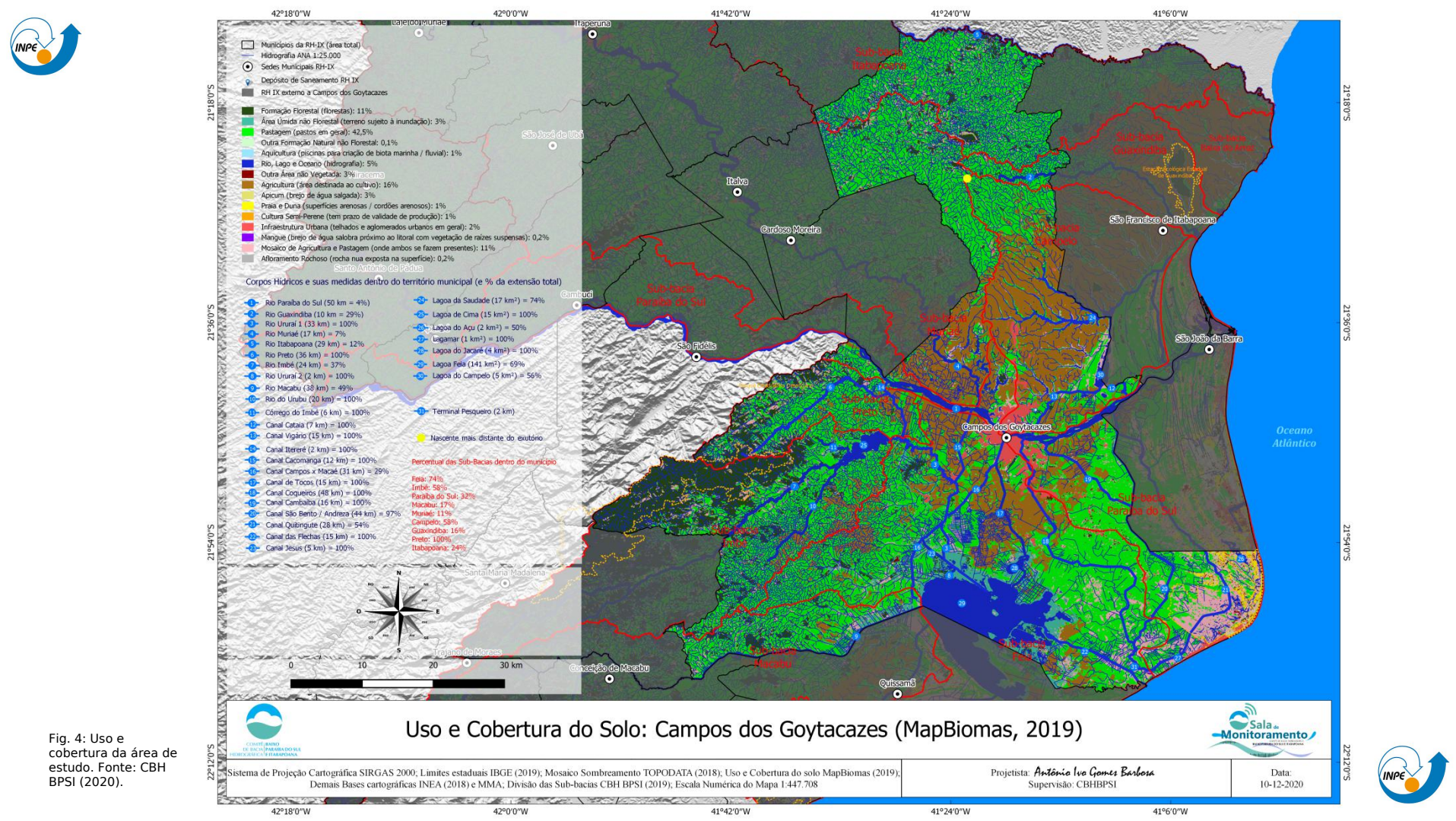


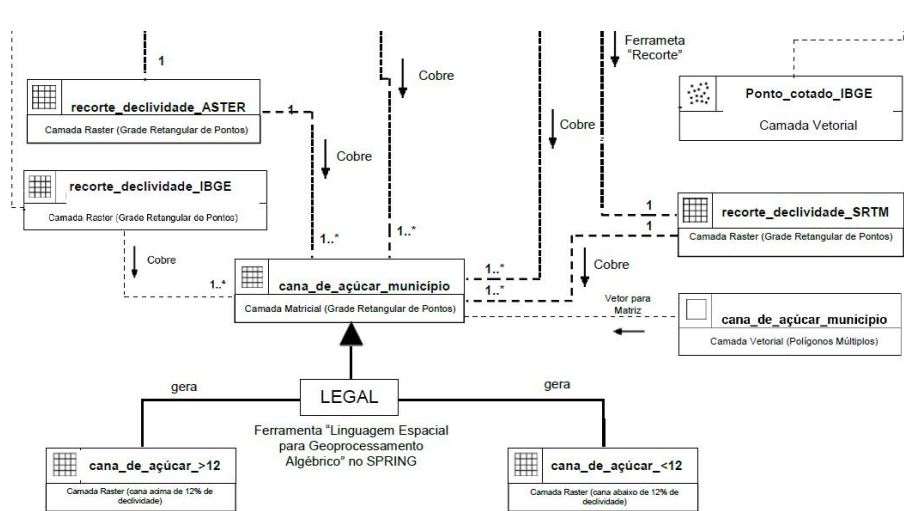
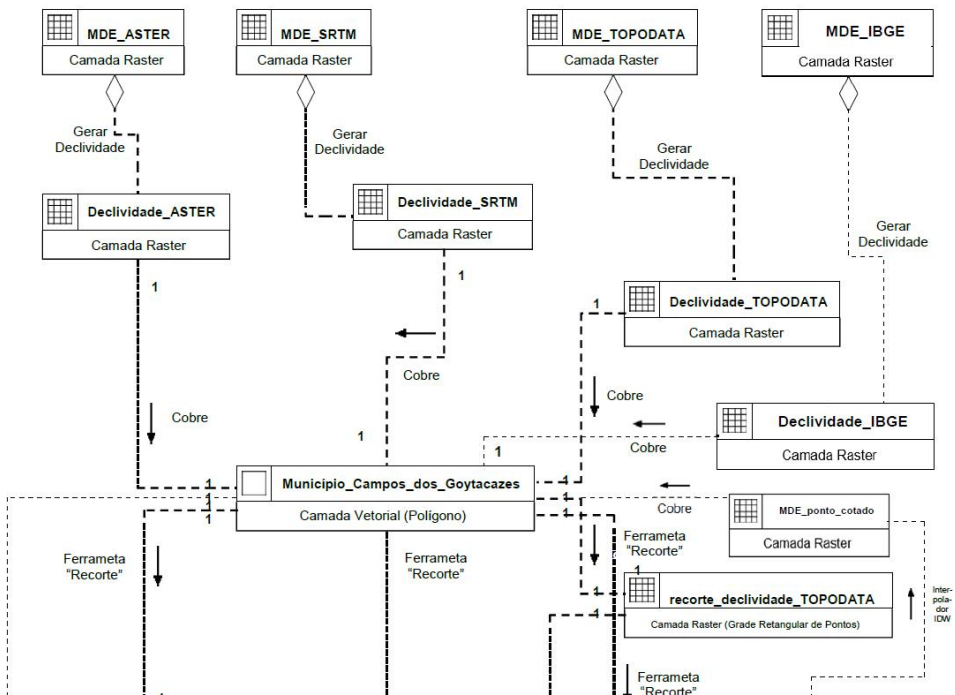
Fig. 4: Uso e cobertura da área de estudo. Fonte: CBH BPSI (2020).

METODOLOGIA

- Utilização de Sistema de Informação Geográfica (SIG) e ferramentas de Geoprocessamento;
- Extração da declividade a partir de modelos digitais de terreno (MDT) e elevação (MDE);
- Fatiamento dos dados para atribuição de classes;
- Interpolação dos pontos cotados para geração de MDE;

MATERIAIS E MÉTODOS

- Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING);
- QGIS;
- MDE ASTER (resolução espacial ~30m);
- MDT SRTM (resolução espacial ~30m);
- MDE TOPODATA (resolução espacial ~30m);
- MDE IBGE (resolução espacial ~20m);
- Pontos Cotados;
- Método de interpolação IDW (*Inverse Distance Weighted*) gerando resolução espacial ~30m;
- Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL);



aqui.io/omtg/#

1/1

Fig. 5: Diagrama OMT-G do presente projeto. Fonte: Autoral

Aquisição dos MDT e MDE

Fig. 7: Aquisição do banco de dados. Fonte da montagem: Autoral.

USGS EarthExplorer Search Criteria Summary (Show) Clear Search Criteria

1. Enter Search Criteria

To narrow your search area: type in an address or place name, enter coordinates or click the map to define your search area (for advanced map tools, view the help documentation), and/or choose a date range.

Geocoder KML/Shapefile Upload

Select a Geocoding Method
Feature (GNIS)

Search Limits: The search result limit is 100 records; select a Country, Feature Class, and/or Feature Type to reduce your chances of exceeding this limit.

US Features World Features

Feature Name (use % as wildcard)

State

All

Feature Type

All

Show Clear

Polygon Circle Predefined Area

Degree/Minute/Second Decimal

EARTHDATA LOGIN My Profile Sign Out

Antonio Ivo Barbosa

Profile Home Edit Profile Change Password

Profile Information

Name: Antonio Ivo G Barbosa
Username: satellite92
Email Address: antonioivo92@gmail.com
Organization: INPE

Country: Brazil

User Type: Application
Study Area: Land Processes
Affiliation: Education
Member Since: 2021-06-14 00:02:58 UTC

TOPODATA Mapa índice

00_705	00_693	00_675	00_666	00_645	00_633	00_615	00_595	00_572	00_555	00_544	00_525	00_511	00_495	00_480	00_465
01_705	01_693	01_675	01_666	01_645	01_633	01_615	01_595	01_572	01_555	01_544	01_525	01_511	01_495	01_480	01_465
02_705	02_693	02_675	02_666	02_645	02_633	02_615	02_595	02_572	02_555	02_544	02_525	02_511	02_495	02_480	02_465
03_705	03_693	03_675	03_666	03_645	03_633	03_615	03_595	03_572	03_555	03_544	03_525	03_511	03_495	03_480	03_465
04_705	04_693	04_675	04_666	04_645	04_633	04_615	04_595	04_572	04_555	04_544	04_525	04_511	04_495	04_480	04_465
05_705	05_693	05_675	05_666	05_645	05_633	05_615	05_595	05_572	05_555	05_544	05_525	05_511	05_495	05_480	05_465
06_705	06_693	06_675	06_666	06_645	06_633	06_615	06_595	06_572	06_555	06_544	06_525	06_511	06_495	06_480	06_465
07_705	07_693	07_675	07_666	07_645	07_633	07_615	07_595	07_572	07_555	07_544	07_525	07_511	07_495	07_480	07_465
08_705	08_693	08_675	08_666	08_645	08_633	08_615	08_595	08_572	08_555	08_544	08_525	08_511	08_495	08_480	08_465
09_705	09_693	09_675	09_666	09_645	09_633	09_615	09_595	09_572	09_555	09_544	09_525	09_511	09_495	09_480	09_465
10_705	10_693	10_675	10_666	10_645	10_633	10_615	10_595	10_572	10_555	10_544	10_525	10_511	10_495	10_480	10_465
11_705	11_693	11_675	11_666	11_645	11_633	11_615	11_595	11_572	11_555	11_544	11_525	11_511	11_495	11_480	11_465
12_705	12_693	12_675	12_666	12_645	12_633	12_615	12_595	12_572	12_555	12_544	12_525	12_511	12_495	12_480	12_465
13_705	13_693	13_675	13_666	13_645	13_633	13_615	13_595	13_572	13_555	13_544	13_525	13_511	13_495	13_480	13_465
14_705	14_693	14_675	14_666	14_645	14_633	14_615	14_595	14_572	14_555	14_544	14_525	14_511	14_495	14_480	14_465
15_705	15_693	15_675	15_666	15_645	15_633	15_615	15_595	15_572	15_555	15_544	15_525	15_511	15_495	15_480	15_465
16_705	16_693	16_675	16_666	16_645	16_633	16_615	16_595	16_572	16_555	16_544	16_525	16_511	16_495	16_480	16_465
17_705	17_693	17_675	17_666	17_645	17_633	17_615	17_595	17_572	17_555	17_544	17_525	17_511	17_495	17_480	17_465
18_705	18_693	18_675	18_666	18_645	18_633	18_615	18_595	18_572	18_555	18_544	18_525	18_511	18_495	18_480	18_465
19_705	19_693	19_675	19_666	19_645	19_633	19_615	19_595	19_572	19_555	19_544	19_525	19_511	19_495	19_480	19_465
20_705	20_693	20_675	20_666	20_645	20_633	20_615	20_595	20_572	20_555	20_544	20_525	20_511	20_495	20_480	20_465
21_705	21_693	21_675	21_666	21_645	21_633	21_615	21_595	21_572	21_555	21_544	21_525	21_511	21_495	21_480	21_465
22_705	22_693	22_675	22_666	22_645	22_633	22_615	22_595	22_572	22_555	22_544	22_525	22_511	22_495	22_480	22_465

NO	2684-3-NE	2684-4-NO	2684-4-NE	2685-3-NO	2685-3-NE	2685-4-NO	2685-4-NE	268
SO	2684-3-SE	2684-4-SO	2684-4-SE	2685-3-SO	2685-3-SE	2685-4-SO	2685-4-SE	268
NO	2718-1-NE	2718-2-NO	2718-2-NE	2719-1-NO	2719-1-NE	2719-2-NO	2719-2-NE	2719-A-1-NO

Aquisição dos Pontos Cotados para geração de MDE

Ponto Cotado 25 - Campos dos Goytacazes



Pontos Cotados Altimétrico do Município de Campos dos Goytacazes na escala 1:25.000.

 WFS Por [inearj](#)

Criado em: 1 de nov de 2019 Atualizado: 23 de mar de 2020 Visualizar Contagem: 1

Descrição

A classe Ponto Cotado Altimétrico faz parte da categoria Relevo da Base Cartográfica Vetorial Contínua do Estado do Rio de Janeiro, na escala 1:25.000, desenvolvida no âmbito do Projeto RJ25, foi elaborada a partir de uma parceria entre o IBGE e o Governo do Estado do Rio de Janeiro, através da Secretaria de Estado do Ambiente – SEA-RJ.

Download: [Shapefile](#) e [KML](#).

Download de outros formatos: [Acesse aqui](#), e digite uma palavra do nome do município. Ex1: Angra dos Reis. Digite **Angra**.

Acesse este metadado na página do [IBGE](#).

PONTOS COTADOS: TRANSFORMAÇÃO



Fig. 9: Visualização dos pontos cotados no SIG. Fonte: Autoral.

Transformação de:

- Abordagem de classificação booleana (pontos vetoriais cotados) para classificação contínua (matriz de pixels em grade retangular);
- Geo-objetos para Geo-campo;

MÉTODO DE INTERPOLAÇÃO IDW (*Inverse Distance Weighted*)

- O método *Inverse Distance Weighted* (IDW) infere valores em locais não medidos a partir de valores amostrados à sua volta. Tais valores terão peso maior do que valores mais distantes, fazendo com que a influência de cada ponto seja proporcional ao inverso da distância, dado pela equação

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{Z_i}{h_{ij}^\beta}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{h_{ij}^\beta}}$$

onde Z é valor interpolado para o nó do reticulado; Z_i é o valor do ponto amostrado vizinho ao nó; h_{ij} é a distância entre o nó da grade e Z_i ; β é o expoente de ponderação; e n é número de pontos amostrados utilizados para interpolar cada nó.

Geração de Declividade

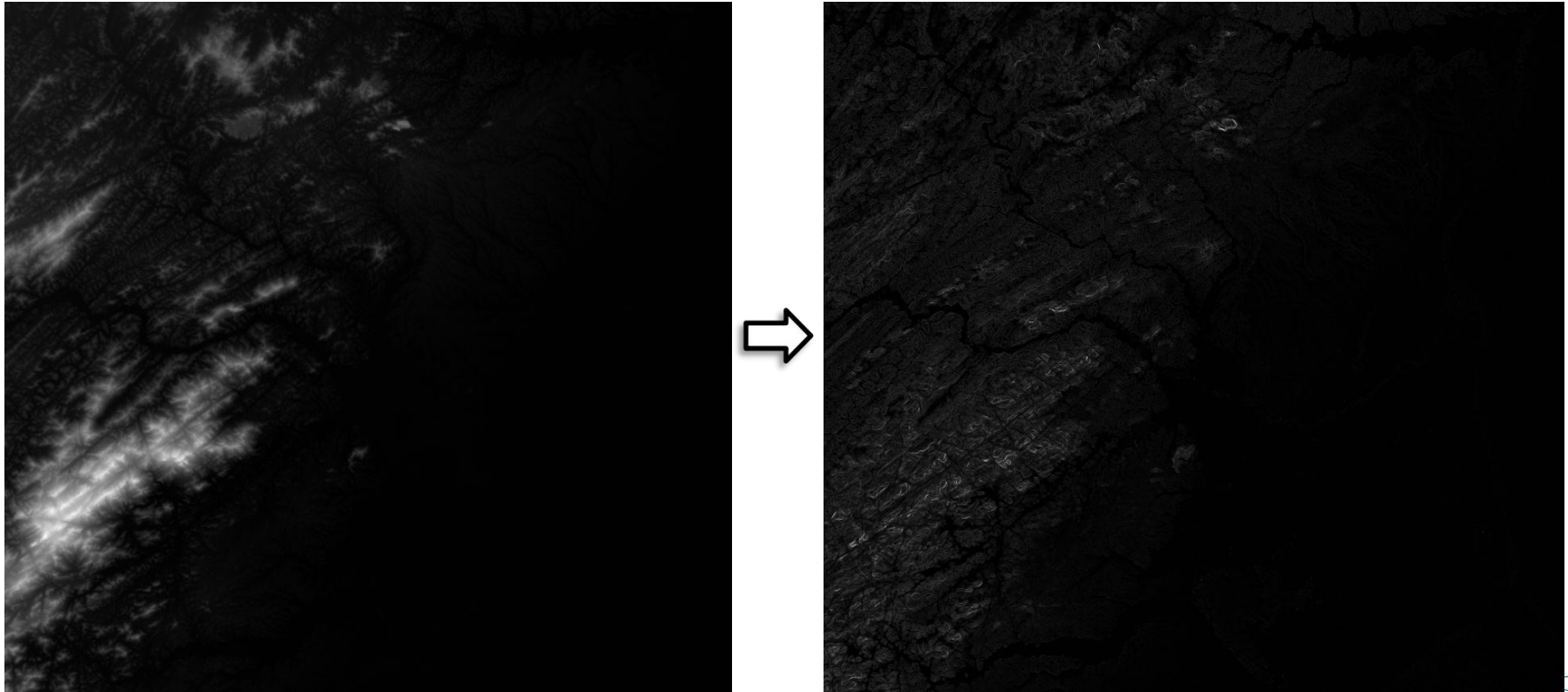


Fig. 10 e 11: Geração da declividade em SIG. Fonte: Autoral.

Máscara de Recorte (*intersection*)



Fig. 12 e 13: Geração do recorte em SIG. Fonte: Autoral.

Fatiamento de Classes de Declividade & Sobreposição Dados Cana-de-Açúcar

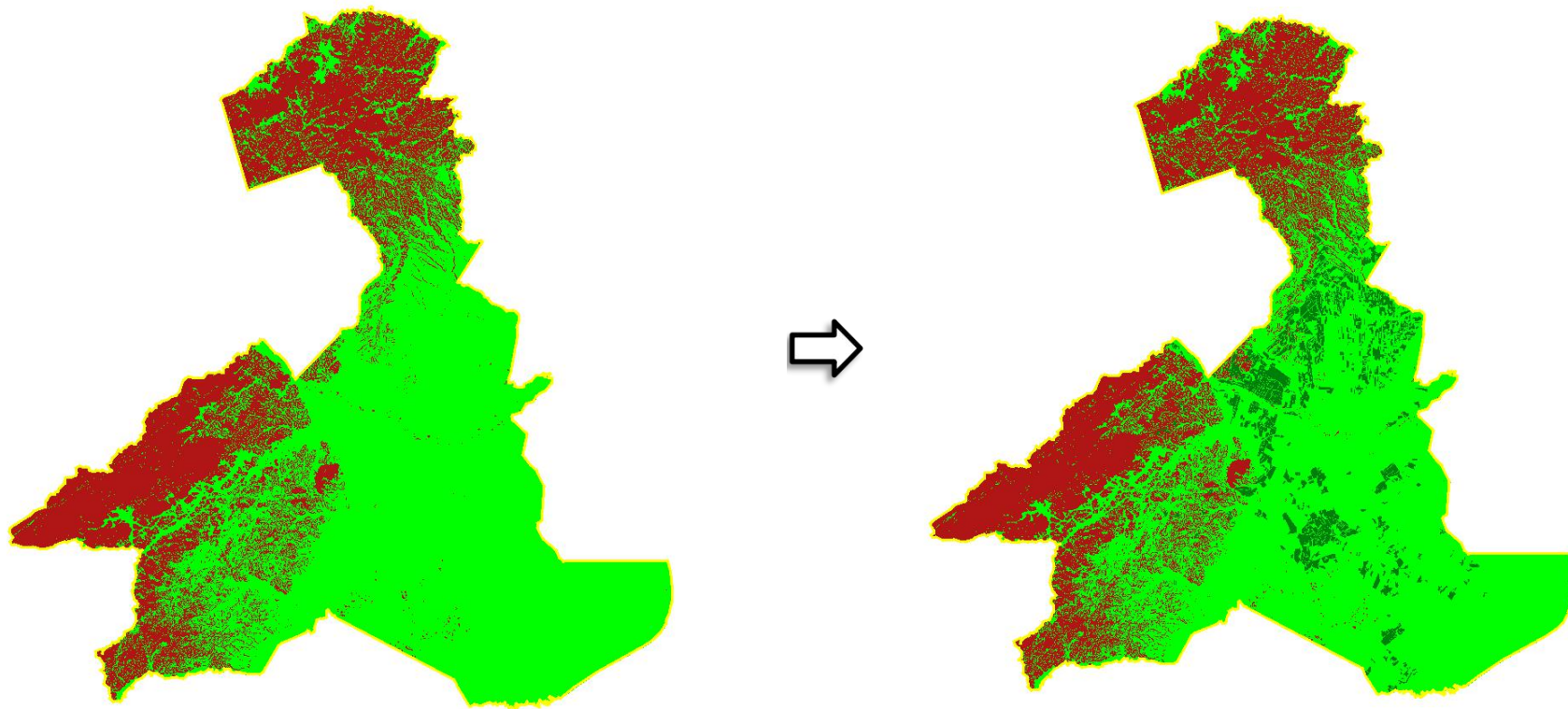


Fig. 14 e 15: Geração do fatiamento de classes de declividade em SIG. Fonte: Autoral.

Linguagem Espacial de Geoprocessamento Algébrico (LEGAL)

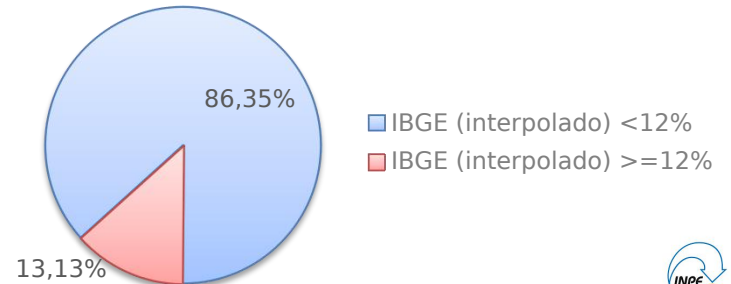
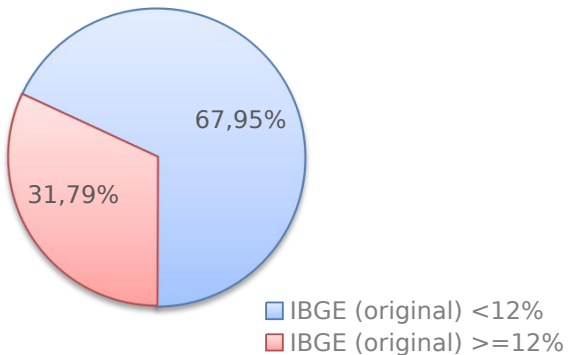
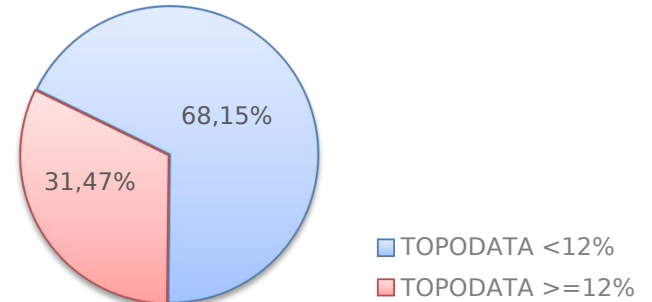
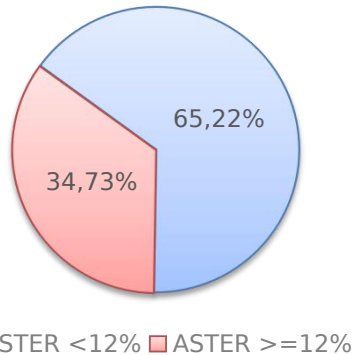
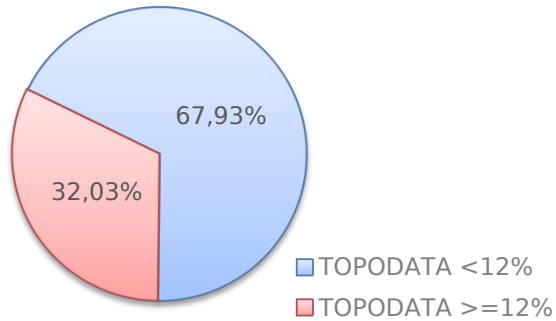
The screenshot displays the SPRING-5.5.6 GIS interface. The main window is titled "SPRING-5.5.6 [USO_SOLO_NF][Norte_Fluminense]". The menu bar includes "Arquivo", "Editar", "Exibir", "Imagem", "Temático", "MNT", "Cadastral", "Rede", "Análise", "SCarta", "Executar", "Ferramentas", "Plugins", and "Ajuda". The toolbar contains various icons for map navigation and processing. The "Painel de Controle" (Control Panel) is visible, showing the "Tela Ativa : Principal" (Active Screen: Principal) and a list of "PI Disponíveis" (Available PI) and "PI Selecionados" (Selected PI). The "Categoria / Plano de Informação" (Category / Information Plane) is expanded to show a list of processing tools, including "Temático" (Thematic) and "CANADA DE ACUCAR MUNICIPIO" (Cane Sugar Municipality).

The "LEGAL" tool window is open, showing the "Programa LEGAL" (LEGAL Program) configuration. The code editor displays the following code:

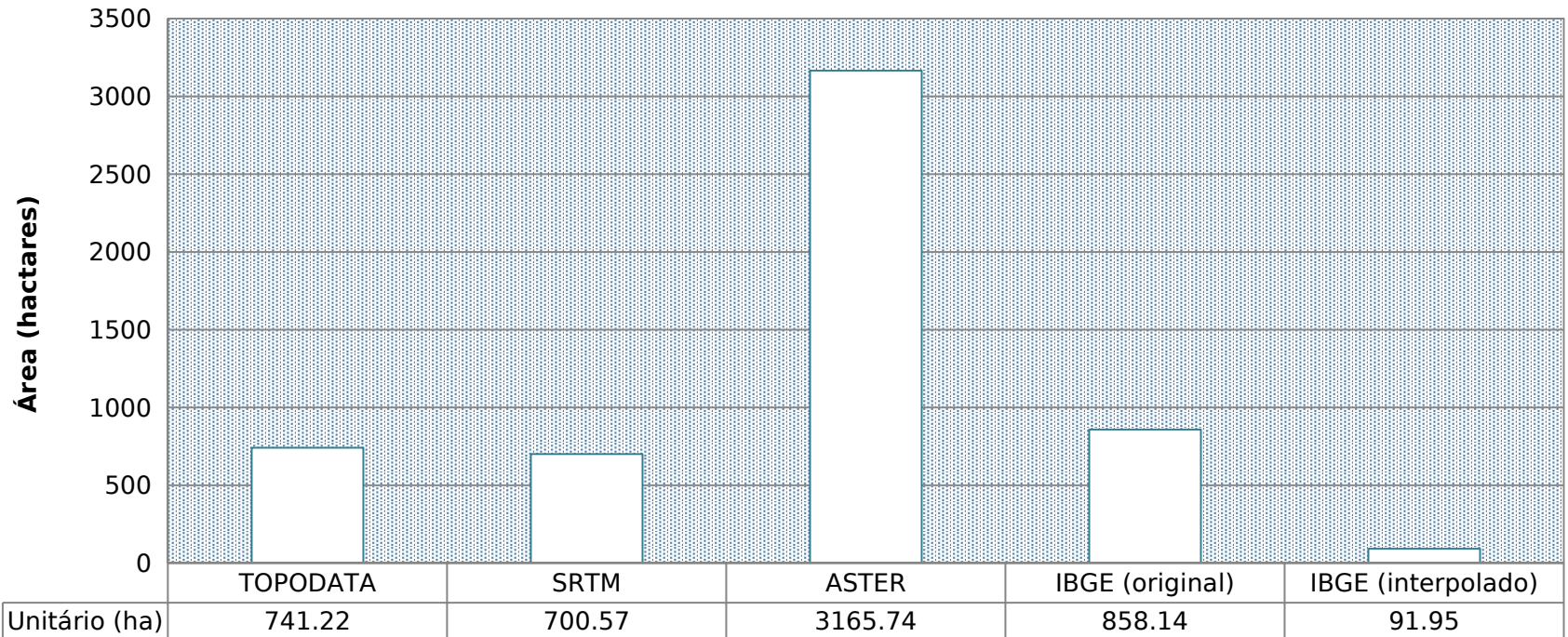
```
1 {
2
3 Tematico mapa("Tematico");
4 Tematico cla("Tematico");
5 Numerico decli("DECLIVIDADE_TOPODATA");
6
7 decli=Recupere(Nome="DECLIVIDADE_TOPODATA");
8 cla=Recupere(Nome="CANADA DE ACUCAR MUNICIPIO");
9 mapa=Novo(Nome="LEGAL_TOPODATA_>=12%", ResX=28.5, ResY=28.5);
10
11 mapa= decli>= 12 && cla.Classe=="CANADA"?Classe("CANADA"):Classe(0);
12
13 }
14
15
16
17
18
19
20
21
```

Fig. 16: Layout do SIG SPRING. Fonte: Autoral.

Resultados de valores de declividade total <12% e >= 12% (total da área municipal)



Talhões de cana-de-açúcar em áreas de declividade $\geq 12\%$



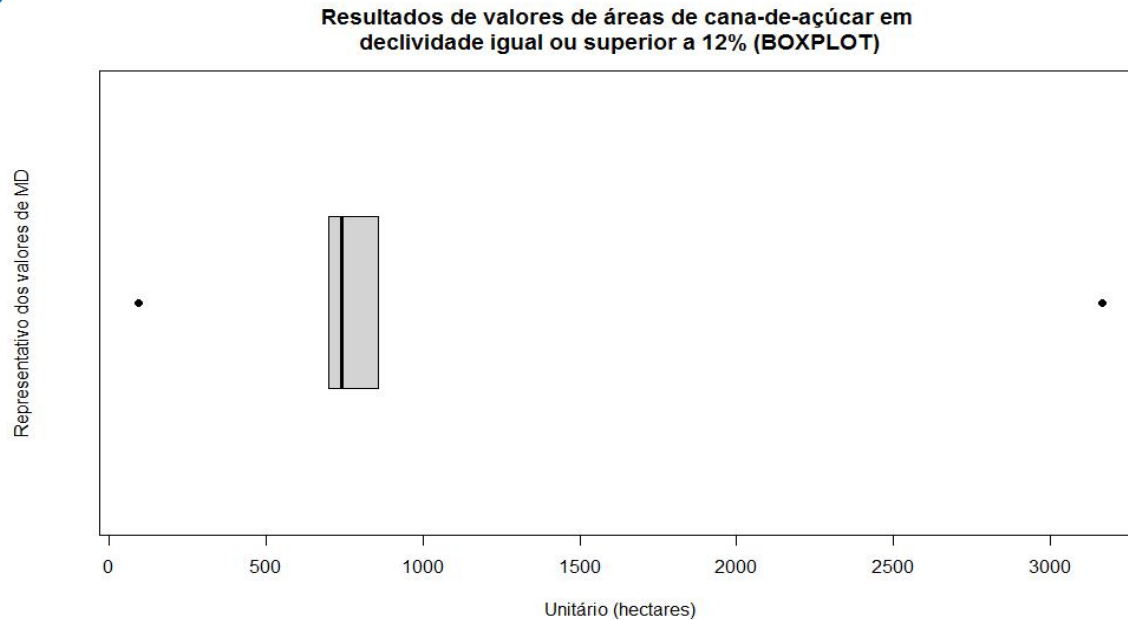
Resultados

Resultados de valores de declividade total <12% e >= 12% (total da área municipal)

MDE	Classe de Declividade	Valor unitário (ha)	% da área municipal
TOPODATA	<12%	273.906,04	67,93%
	>=12%	129.144,10	32,03%
SRTM	<12%	274.809,69	68,15%
	>=12%	126.919,81	31,47%
ASTER	<12%	262.987,74	65,22%
	>=12%	140.058,23	34,73%
IBGE (original)	<12%	274.009,70	67,95%
	>=12%	128.190,58	31,79%
IBGE (interpolado)	<12%	348.185,86	86,35%
	>=12%	52.955,60	13,13%

Talhões de cana-de-açúcar em áreas de declividade >=12%

MD	Unitário (ha)	% da área plantada total	% do território municipal
TOPODATA	741,22	2,94%	0,18%
SRTM	700,57	2,78%	0,17%
ASTER	3.165,74	12,54%	0,79%
IBGE (original)	858,14	3,40%	0,21%
IBGE (interpolado)	91,95	0,36%	0,02%



```
$stats
```

```
      [,1]  
[1,] 700.57  
[2,] 700.57  
[3,] 741.22  
[4,] 858.14  
[5,] 858.14
```

```
$n
```

```
[1] 5
```

```
$conf
```

```
      [,1]  
[1,] 629.8814  
[2,] 852.5586
```

```
$out
```

```
[1] 91.95 3165.74
```

```
bp <- boxplot(teste_boxplot1$Unitário..ha,  
              main = 'Resultados de valores de áreas de cana-de-  
açúcar em declividade igual ou superior a 12% (BOXPLOT)',  
              ylab = 'Representativo dos valores de MD',  
              xlab = 'Unitário (hectares)',  
              pch = 16,  
              horizontal = T)
```

```
bp
```

Consolidação: Produção Cartográfica

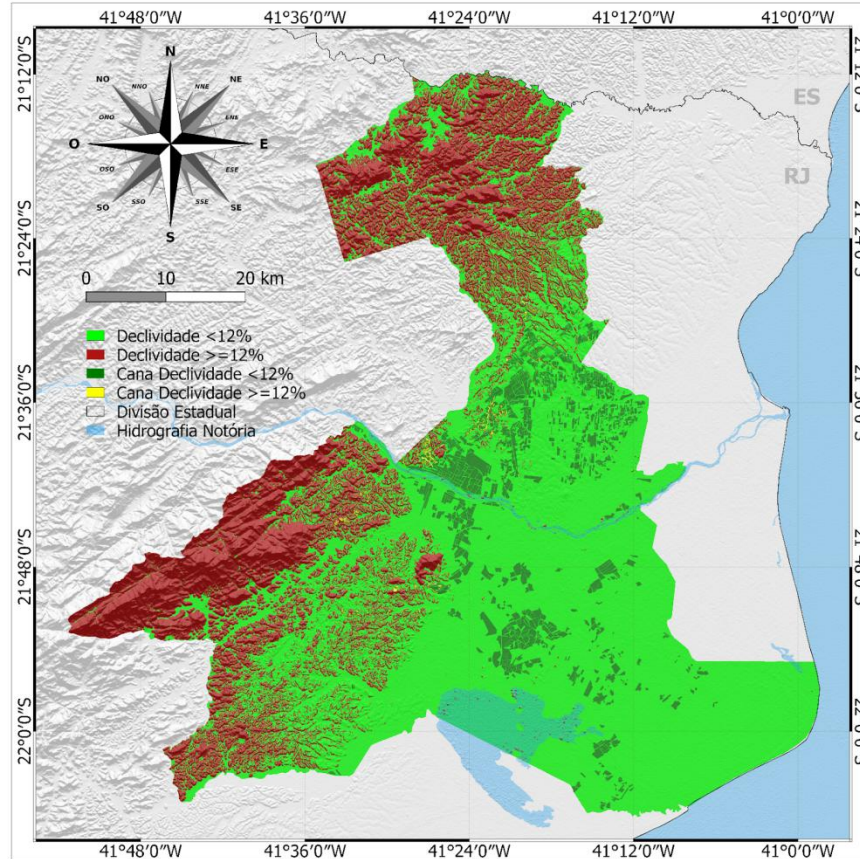


Fig. 18: Geração dos produtos cartográficos. Fonte: Autoral.

CONSIDERAÇÕES FINAIS & CONCLUSÕES

Discrepância MDE IBGE (interpolado) e MDE ASTER.

- MDE IBGE (interpolado) subestimou e MDE ASTER superestimou;
 - Trabalhos futuros: Testagem de novos métodos de interpolação;
 - Necessidade de mascaramento de camada referente à hidrografia;
- Aspecto de sobreposição no MDE IBGE (original);
 - Melhor resolução espacial para representações de áreas contidas dentro da cada folha;
 - MDE ASTER: precauções em extensas áreas de relevo plano e uniforme;
 - Hipótese confirmada: Município de Campos dos Goytacazes – RJ possui maior parte da área de cana plantada em talhões com declividade do terreno inferior a 12%;



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAMS, M.; HOOK, S.; RAMACHANDRAN, B. ASTER users handbook. Pasadena: JPL, 1999. 93p. Disponível em: <asterweb.jpl.nasa.gov/content/03_data/04_Documents/aster_user_guide_v2.pdf>. Acesso em: 22/05/2021.
- BARBOSA, A. I. G.; REIS, C. H.; MENDONÇA, J. C.; LÄMMLER, L. O uso de Sensoriamento Remoto para estimar área plantada de cana-de-açúcar em Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil. Revista Cerrados, v. 18, n. 02, p. 69-99, 19 ago. 2020.
- BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Topodata: Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. São José dos Campos, 2008. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata>. Acesso em 22/05/2021.
- CÂMARA, G., ORTIZ, M.J. Sistemas de informação geográfica para aplicações ambientais e cadastrais: uma visão geral. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA: CARTOGRAFIA, SENSORIAMENTO E GEOPROCESSAMENTO, 27, 1998, Poços de Caldas. Anais...Lavras: UFLA, 1998. p.59-88.
- Câmara, G.; Davis, C. Introdução. In.: Câmara, G.; Davis, C.; Monteiro, A.M. Introdução à Ciência da Geoinformação. São José dos Campos, INPE, 2001 (on-line, 2a. edição, revista e ampliada). Disponível em: mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf. Acesso em 22/05/2021.
- Câmara, G.; Monteiro, A.M. Conceitos básicos em Ciência da Geoinformação. In.: Câmara, G.; Davis, C.; Monteiro, A.M. Introdução à Ciência da Geoinformação. São José dos Campos, INPE, 2001 (on-line, 2a. edição, revista e ampliada). Disponível em: mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf. Acesso em 22/05/2021.
- Davis, C. Object Modeling Technique for Geographic Applications - OMT-G. 2018. Disponível em: <https://homepages.dcc.ufmg.br/~clodoveu/DocuWiki/doku.php?id=omtg>. Acesso em 25/05/2021.
- DE VARGAS et al. Aplicação do Interpolador IDW para Elaboração de Mapas Hidrogeológicos Paramétricos na Região da Serra Gaúcha. SCIENTIA CUM INDUSTRIA, V. 6, N. 3, PP. 38—43, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18226/23185279.v6iss>. Acesso em 07/06/2020.
- DOS SANTOS, Priscilla Azevedo. Geração de Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistido. 2020. Disponível em: <http://www.tiagomarin.com/tiagomarin/classes/IA293/material/Pr%C3%A1tica%2019%20-%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20de%20MDE%20hidrologicamente%20Consistido%20-%20ArcGIS%20e%20QGIS.pdf>. Acesso em 22/05/2021.
- Felgueiras, C.A. Modelagem Numérica de Terreno. In.: Câmara, G.; Davis, C.; Monteiro, A.M. Introdução à Ciência da Geoinformação. São José dos Campos, INPE, 2001 (on-line, 2a. edição, revista e ampliada). Disponível em: mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf. Acesso em 22/05/2021.
- FITZ, Paulo Roberto. Geoprocessamento sem complicação. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- Formaggio, A. R.; Sanches, I. Del'Arco. Sensoriamento Remoto em agricultura. São Paulo: Oficina de Textos, 284p.
- Gilberto Câmara, Ricardo Cartaxo Modesto Souza, Ubirajara Moura Freitas, Juan Garrido. Spring: Integrating remote sensing and gis by object-oriented data modelling, Computers & Graphics, Volume 20, Issue 3, 1996, Pages 395-403, ISSN 0097-8493, [https://doi.org/10.1016/0097-8493\(96\)00008-8](https://doi.org/10.1016/0097-8493(96)00008-8). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0097849396000088>. Acesso em 22/05/2021.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Brasileiro de 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2021.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Malha Municipal. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?=&t=o-que-e>. Acesso em 22/05/2021.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Metadados do produto Modelo Digital de Elevação 1:25.000 do Projeto RJ-25. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em: https://geofp.ibge.gov.br/modelos_digitais_de_superficie/modelo_digital_de_elevacao_mde/rj25/informacoes_tecnicas/Metadados_MDE_RJ25.pdf. Acesso em 22/05/2021.
- KÖPPEN, W. (1948) Climatologia: com um estúdio de los climas de la tierra Publications In: Climatology. Laboratory of Climatology, New Jersey. 104p. Disponível em: https://issuu.com/lucaspestanadocs/koepfen_climatologia. Acesso em 01/10/2018.
- MARTINO, J. P. Technological Forecasting for Decision Making. 2 ed.. North-Holland, New York NY, 1983.
- NASA JPL. NASA Shuttle Radar Topography Mission Global 3 arc second. 2013, distributed by NASA EOSDIS Land Processes DAAC,. Disponível em: <https://doi.org/10.5067/MEASURES/SRTM/SRTMGL3.003>. Acesso em 22/05/2021.
- QGIS.org, 2021. QGIS Geographic Information System. QGIS Association. Disponível em: <http://www.qgis.org>. Acesso em 22/05/2021.
- Portal GeolNEA Municípios. 2019. Disponível em: <https://inea.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=e7ff539f64f941d4a5f4d1e694c017ed>. Acesso em 02/06/2021.
- RIO DE JANEIRO. Lei 5990/11 | Lei nº 5.990, de 20 de junho de 2011. Dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá outras providências. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 20 jun. 2011.
- USGS 2021a. Earth Explorer: FGDC Display of ASTGTMV003_S22W041.zip. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/scene/metadata/fgdc/5e839f73df6b1d4/2342545062/>. Acesso em 22/05/2021.

