

## ANÁLISE DA SUSCEPTIBILIDADE À OCORRÊNCIA DE INUNDAÇÕES POR MEIO DO USO DE MÉDIA PONDERADA E GEOPROCESSAMENTO EM DONA FRANCISCA – RS

Roberta Aparecida Fantinel<sup>1\*</sup>, Ana Caroline Paim Benedetti<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, 97105-900, Santa Maria, Brasil.

<sup>2</sup>Departamento de Ensino, Colégio Politécnico, Universidade Federal de Santa Maria, 97105-900, Santa Maria, Brasil.

\*E-mail: [fantinel.ar@gmail.com](mailto:fantinel.ar@gmail.com)

Recebido em: 08/07/2020

Aceito em: 28/12/2020

DOI: 10.17058/tecnolog.v25i1.15432

### RESUMO

Problemas que estão ligados diretamente ao desmatamento da cobertura vegetal, diminuição da biodiversidade, erosão, inundação, geram inúmeras alterações físicas, químicas e biológicas de uma determinada região. Deste modo, o presente trabalho objetivou identificar e caracterizar as áreas suscetíveis à ocorrência de inundação no município de Dona Francisca – Rio Grande do Sul, a partir da análise ambiental e de técnicas de geoprocessamento. Para o mapeamento do uso e cobertura do solo, foi utilizada a imagem do satélite Landsat 8, sensor OLI, processada no software SPRING versão 5.2.7. Com relação às variáveis, geologia, geomorfologia, tipologia de solo, declividade e hidrografia utilizou-se o software QGIS versão 2.14. Para a análise ambiental de áreas suscetíveis às inundações utilizou-se o software Vista SAGA. No software Vista SAGA atribuiu-se os pesos (100%) e as notas de 0 a 10 que representam baixíssima susceptibilidade a altíssima susceptibilidade respectivamente, para as diferentes classes dos mapas temáticos. Posteriormente, executou-se o cruzamento dos mapas temáticos utilizando o algoritmo de média ponderada. Os resultados apresentados demonstraram que as áreas de altíssima e alta susceptibilidade à ocorrência de inundações estão localizadas na região oeste e sul do município. Quanto às áreas de média, baixa e baixíssima susceptibilidade, essas tiveram maior representatividade na área do estudo, estando localizadas nas regiões central, leste e norte. O uso de geotecnologias permitiu a avaliação ambiental dos dados obtidos por diferentes mapas temáticos, o que possibilitou uma visão integrada desses aspectos de grande relevância para a análise e mapeamento das áreas suscetíveis à inundação.

**Palavras-chave:** Análise Geo-ambiental. Geotecnologias. Vista SAGA.

## 1 Introdução

A ocorrência de inundações, seja de forma natural ou por interferência de ações antrópicas, pode ser identificada e monitorada por meio de técnicas específicas que contribuem no processo de prevenção e na tomada de decisões, como por exemplo, as geotecnologias. Essas técnicas visam à utilização de ferramentas vinculadas às geotecnologias, como Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento e Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) ou *Geographic Information System* (GIS). Em razão disso, o uso das geotecnologias tem-se tornado essencial para a análise e planejamento do território, incluindo os estudos ambientais, como os relacionados às inundações.

A análise ambiental estuda as correlações dos elementos físicos, biológicos e antrópicos do ambiente em determinado espaço; de forma que os SIG's, por permitirem um estudo integrado da realidade, intensificam a análise ambiental [1]. Desta forma, a utilização das geotecnologias neste estudo foi considerada uma ferramenta essencial para identificar áreas suscetíveis à ocorrência de inundação. As ocorrências de inundações no município de Dona Francisca - RS nos últimos anos têm-se intensificado, afetando uma pequena parte da área urbana, trechos viários rurais, ficando estes interrompidos, especialmente os que estão situados em áreas próximas aos

recursos hídricos. Cabe destacar que essas inundações muitas vezes afetam a agricultura que se encontra às margens dos rios, como por exemplo o arroz, que em situações de chuvas intensas e prolongadas, tem causado grandes prejuízos ambientais e econômicos.

Como forma de compreender o comportamento das inundações, atribui-se o uso das geotecnologias que, por meio do estudo dos processos naturais e antrópicos, possibilitam analisar, prever e identificar a susceptibilidade às ocorrências de inundações de uma determinada área. Assim, a análise das variáveis (geologia, geomorfologia, declividade, solo, hidrografia e uso e cobertura do solo) atuantes no município de Dona Francisca, bem como as suas correlações e atribuições de pesos, juntamente com os dados gerados por meio do mapeamento temático possibilitará a identificação de áreas que são suscetíveis à ocorrência de inundação.

Em face ao exposto, o presente trabalho teve como objetivo identificar e caracterizar as áreas suscetíveis à ocorrência de inundações com base nas características das variáveis, bem como valorar as características ambientais e aplicar a média ponderada para identificar essas áreas suscetíveis às inundações no município de Dona Francisca - RS.

## 2. Metodologia

### 2.1 Localização e caracterização do estudo

O município de Dona Francisca pertence à região da Quarta Colônia de Imigração Italiana, situada geograficamente na Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul. Está localizado às margens do Rio Jacuí e do Rio Soturno, tendo como coordenadas de referência 29°36'41" S e 53°21'03" W (Figura 1).

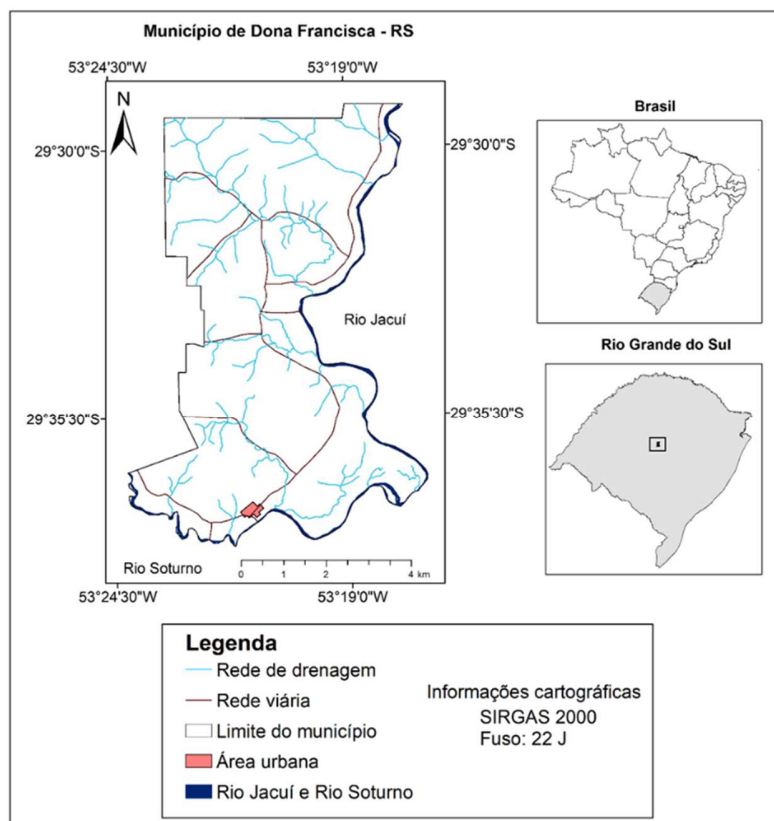


Figura 1 – Localização do município de Dona Francisca – RS.

O clima do município de Dona Francisca é do tipo climático Cfa, subtropical úmido, com temperatura média anual de 22°C e a temperatura média do mês mais frio varia entre -3°C e 18°C, com precipitação média anual de aproximadamente 1.722 mm [2]. A unidade geomorfológica segundo [3] e [4], é definida como Rebordo do Planalto Meridional do RS, com geomorfologia decorrente ao relevo de escarpas abruptas, vales profundos, morros, e planícies aluviais.

## 2.2 Elaboração dos mapas temáticos

Para o mapa de distância à hidrografia levou-se em consideração três faixas de distâncias (buffers): 50 m, 100 m e 200 m, de acordo com o novo Código Florestal (Lei 12.651 de 25 de maio 2012), o qual impõe cada um desses buffers referentes à largura do rio, sendo essas medidas estimadas pela ferramenta “régua” do aplicativo Google Earth Pro. O mapa de declividade foi elaborado com base na imagem referente ao Modelo Digital de Elevação (MDE) *Geotiff* do radar *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM). A classificação da declividade (%) foi realizada de acordo com a proposta de [5] e [6], que considera: 0 a 3% (Plano); 3 a 8% (Suavemente ondulado); 8 a 20% (Ondulado); 20 a 45% (Fortemente ondulado) e >45% (Montanhoso). A classificação do uso e cobertura do solo deu-se por meio da imagem obtida do *sensor*

*Operational Land Imager* (OLI) do satélite Landsat 8, com órbita/ponto 222/081, referente ao dia 20 de novembro de 2017. Para este mapeamento, foram estabelecidas as classes temáticas: água; campo; solo exposto a classe correspondente à área urbana foi amostrada e classificada juntamente com solo exposto) e a classe floresta.

## 2.3 Processamento dos dados

Para o mapeamento da classificação do uso e cobertura do solo foi criado um banco de dados georreferenciados para o processamento e o armazenamento das informações no software SPRING [7] (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) versão 5.2.7; enquanto que para as variáveis geologia, geomorfologia, tipologia de solo, declividade e hidrografia utilizou-se o software Quantum GIS (QGIS) [8] versão 2.14. Referente à análise ambiental, utilizou-se o software Vista SAGA 2007 (Sistema de Análise Geo-Ambiental) com propósito de identificar as áreas suscetíveis à ocorrência de inundações. O software Vista SAGA é disponibilizado de forma gratuita pelo Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Federal do Rio de Janeiro (LAGEOP/UFRJ).

#### 2.4 Análise de áreas suscetíveis à inundação

Os mapas temáticos, uso e cobertura do solo, declividade, hidrografia (buffers), tipologias do solo, geomorfologia e geologia foram salvos com o mesmo tamanho do pixel e exportado no formato Geotiff. Esses mapas foram importados para o software Vista SAGA, visando identificar as áreas suscetíveis à ocorrência de inundação. No software Vista SAGA, iniciou-se o processo de rasterização, que tem como propósito converter o arquivo para um formato próprio do aplicativo, o formato matricial raster/saga (\*.Rs2). Em seguida, os mapas foram utilizados como dados de entrada no software SAGA em sua função avaliação ambiental. Esta, fundamenta-se no entrecruzamento ou nas combinações dos mapas temáticos, utilizando-se da média aritmética ponderada, em que são atribuídos os pesos que devem ser iguais a 100%, e também as notas que cada componente de legenda de cada plano de informação recebe nota de 0 (baixíssima) a 10 (altíssima), de acordo com a ocorrência de um evento ou entidade ambiental que o cause [9]; [10]. A análise ambiental foi realizada de acordo com a formulação de média ponderada proposta por [9] de acordo com a Equação 1:

$$A_{ij} = \sum_n (P_{ij}(K) \times N_{ij}(K)) \quad (\text{Equação 1})$$

Em que: **A<sub>ij</sub>**: possibilidade de ocorrência do evento analisado no elemento (pixel) i,j da matriz (mapa) resultante; **P<sub>ij(k)</sub>**: peso (percentual) da contribuição do parâmetro "k", em relação aos demais, para a ocorrência do evento analisado; **N<sub>ij(k)</sub>**: nota, segundo o (s) avaliador (es), dentro da escala de "0 a 10", da ocorrência do evento analisado, na presença da classe encontrada na linha i, coluna j do mapa k e **n**: número de parâmetros (mapas) utilizados.

Com as variáveis consideradas influentes: geologia, geomorfologia, declividade, solo, hidrografia e classes de uso e cobertura do solo para o mapeamento de áreas suscetíveis à ocorrência de inundação, foram definidas as principais classes associadas a cada variável, ou seja, foi subdividido em classes que mais influenciam na susceptibilidade das áreas, bem como atribuídos os pesos (100%) e notas considerados para a área do estudo (0 - baixíssima susceptibilidade) e (10 - altíssima susceptibilidade).

As escolhas das variáveis, bem como as atribuições de pesos e notas para as avaliações, devem ser realizadas de acordo com a opinião do pesquisador do trabalho, além de contar com técnicos especializados nos temas em discussão com propósito de obter valores mais próximos à realidade [11]. Cabe ainda salientar que o critério da determinação dos pesos e notas foi atribuído por meio de leituras direcionadas, referentes classes temáticas de cada variável presente na área do estudo e sua

influência na ocorrência à susceptibilidade. Desta forma, a construção das análises baseou-se na organização e na aplicação da árvore de decisões, que consiste no procedimento de avaliação por critérios múltiplos (Figura 2).

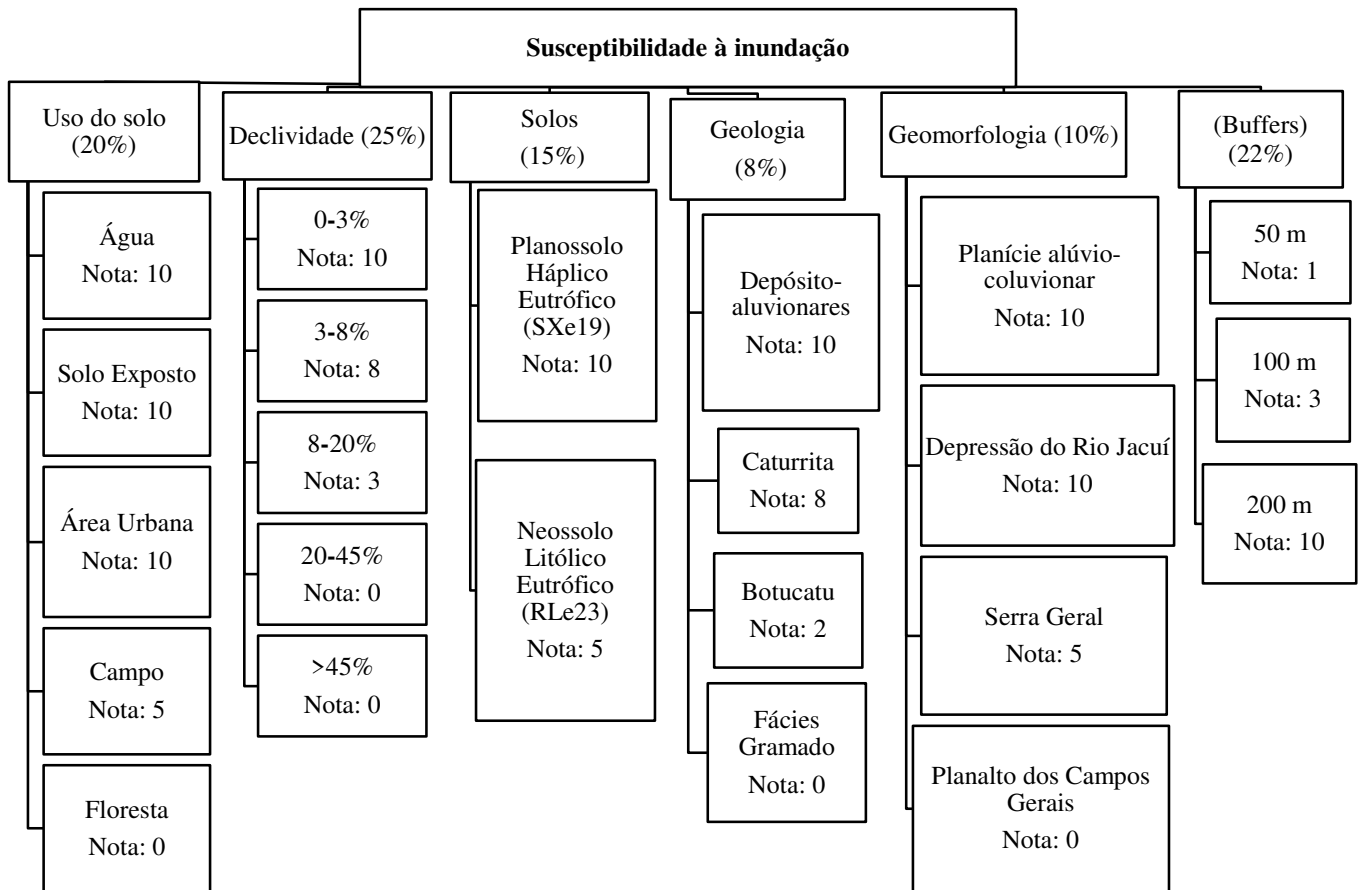


Figura 2 - Subdivisão das variáveis, peso e notas atribuídos aos mapas e às classes temáticas.

Posteriormente, obtiveram-se as ponderações de cada parâmetro que variaram de 0 (baixíssimo) a 10 (altíssimo) (Tabela 1), de acordo com a susceptibilidade, sendo que quanto maior o peso atribuído, maior a susceptibilidade representativa ao ambiente do critério, e quanto menor o peso, menor a susceptibilidade à ocorrência de inundação.

Tabela 1. Classificação da susceptibilidade à inundação em Dona Francisca, RS, conforme as notas atribuídas.

Notas	Susceptibilidade à inundação
0, 1 e 2	Baixíssimo
3 e 4	Baixo
5 e 6	Médio
7 e 8	Alto
9 e 10	Altíssimo

### 3 Resultados e discussões

No software Vista SAGA, realizou-se o cruzamento das variáveis declividade, uso e cobertura do solo, tipologias de solo, hidrografia, geomorfologia e geologia, obtendo-se o mapeamento das áreas suscetíveis à ocorrência de inundações. A avaliação ambiental, baseada na média ponderada, possibilitou gerar o mapa, o qual apresenta as áreas com diferentes susceptibilidades à ocorrência de inundação (Figura 3).

As áreas classificadas como altíssima susceptibilidade à inundação no município de Dona Francisca, concentraram-se nas porções mais planas, onde predominam as menores declividades de 0 a 3% (relevo plano) concentradas juntamente ao leito principal dos rios Jacuí e Soturno. Quanto às características do solo, nessas áreas com altíssima susceptibilidade à inundação, destaca-se o Planossolos Hápticos Eutróficos, o qual encontra-se nas áreas de várzea e depressões [12], com relevo plano a suavemente ondulado. São solos verdadeiramente hidromórficos e têm como principal atividade econômica a produção do arroz irrigado no município. Referente à geomorfologia, as áreas corresponderam à Planície alúvio-coluvionar e a Depressão do Rio Jacuí; já no domínio geológico destacou-se o Depósito aluvionares. Segundo [13] a Depressão do Rio Jacuí apresenta vastas superfícies planas, recobertas por colúvios, com dissecação incipiente, formando colinas. [14] Destacam que “esses terrenos estão parcialmente recobertos pela extensa planície aluvial do rio Jacuí e de seus tributários principais”.

Em relação ao uso e cobertura do solo, essas áreas de altíssima susceptibilidade às inundações estão associadas às altas taxas de impermeabilização do solo, onde se encontram a área urbana do município e maioritariamente os ambientes agrícolas.

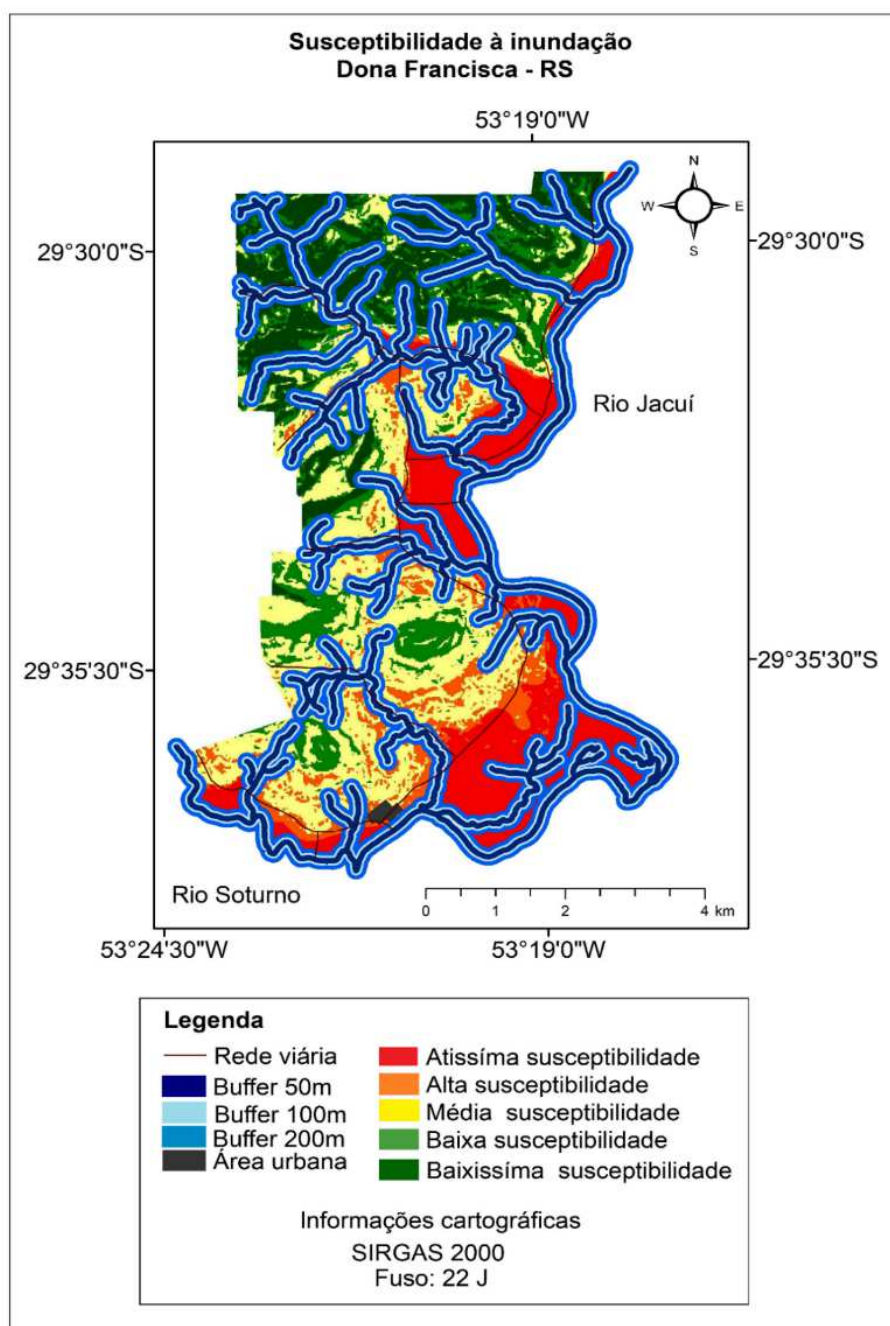


Figura 3 - áreas suscetíveis   inunda o no município de Dona Francisca - RS.



Referente às áreas com alta susceptibilidade à inundação, essas foram correlacionadas diretamente com a declividade de 0 a 8% (relevo plano e suavemente ondulado) e ao solo Planossolos Háplicos Eutróficos. As feições geomorfológicas e geológicas destacaram-se principalmente na Depressão do Rio Jacuí e Caturrita, respectivamente. Quanto ao uso e cobertura do solo, destacaram-se o solo exposto e campo.

Cabe ressaltar que tanto nas áreas de altíssima e alta susceptibilidade destacam-se a zona urbana e as atividades agrícolas como o cultivo do arroz, que é bastante expressivo nas áreas de planície

A média susceptibilidade à inundação caracterizou-se também pelo solo Planossolos Háplicos Eutróficos. Nessas áreas, destacaram-se principalmente o Campo e Florestas, com predomínio de declividades superiores a 8%. Quanto à geomorfologia, esta caracterizou-se por elevações em forma de morros (Serra Geral) [17] e Depressão do Rio Jacuí, cujas feições geológicas são a formação Caturrita e Botucatu [15; 16]. As áreas de baixa e baixíssima susceptibilidade à ocorrência de inundações foram relacionadas com as declividades superiores a 20% (fortemente ondulado e montanhoso). Por apresentarem declividades altas (>20%), a possibilidade de ocorrer inundação é inexistente. No entanto, segundo [16] as encostas de morro podem se tornar geradoras potenciais de fluxo superficial, no qual é

drenado para as partes mais baixas, fundos de vales, contribuindo, assim, para a ocorrência de inundações.

Na área do estudo destaca-se ainda o solo Neossolo Litólicos Eutróficos, sendo que a sua ocorrência está relacionada com as áreas que possuem topografia mais acentuada, bem como o uso do solo que é representado por florestas. O Neossolo Litólico é formado pela dissolução do material de origem e por processos erosivos, devido a sua localização em áreas de relevo fortemente ondulado, além do mais, trata-se de solos jovens e pouco desenvolvidos, nos quais geralmente a soma dos horizontes sobre a rocha não ultrapassa 50 cm; normalmente são solos pedregosos e/ou rochosos, sendo encontrados em diversos tipos de relevo e drenagens [12].

#### 4 Conclusões

O uso de geotecnologias (Geoprocessamento e SIG) permitiu realizar a avaliação ambiental dos dados obtidos por diferentes mapas temáticos, auxiliando na representação das características ambientais do município de Dona Francisca.

Por meio do mapeamento das áreas suscetíveis a inundações, foi possível averiguar que no município de Dona Francisca a susceptibilidade altíssima e alta englobam um conjunto de fatores, sendo: as baixas declividades (0-3% e 3-8%),

padrões e formas de relevo (planícies), ausência de cobertura vegetal (solo exposto), tipologia dos solos (Planossolos Háplicos Eutróficos). Quanto à geomorfologia, as áreas corresponderam à Planície alúvio-coluvionar e à Depressão do Rio Jacuí, enquanto que no o domínio geológico destacou-se o Depósito aluvionares.

A área de estudo é evidenciada por suas características naturais, principalmente por sua disposição geográfica, a qual é propícia à susceptibilidade de ocorrência de inundações, requerendo observância e planejamento quanto à ocupação urbana, bem como com técnicas de manejo empregadas para o desenvolvimento da agricultura nestas áreas.

---

#### SUSCEPTIBILITY ANALYSIS TO OCCURRENCE INUNDATIONS BY USING WEIGHTED AVERAGE AND GEOPROCESSING AT DONA FRANCISCA – RS

**ABSTRACT:** Problems directly connected to vegetal cover deforestation, biodiversity decrease, erosion, inundation cause numerous physical, chemical and biological alterations at a certain zone. Therefore, the current study has aimed to identify and characterize the susceptible areas to occur inundations in the city of Dona Francisca – Rio Grande do Sul, through environmental analysis and geoprocessing techniques. For the usage mapping and soil coverage, it was used the Landsat 8 satellite images, OLI sensor, processed in SPRING software version 5.2.7. Related to

the variables, geology, geomorphology, soil typology, slope and hydrography, it was utilized the QGIS software version 2.14. For the environmental analysis of susceptible areas to inundation it was utilized the Vista SAGA software. In the Vista SAGA software, it was assigned the weights (100%) and the 0 to 10 grades, that represent very low susceptibility and very high susceptibility respectively, to the different classifications of thematic maps. Posteriorly, the crossing of the thematic maps was performed, by using the weighted average algorithm. The presented results demonstrate that the very high and high susceptibility areas to occur inundations are localized in the west and south regions of the city. About the medium, low and very low susceptibility areas, these have had the biggest representativeness at the study's area, being located at central, east and north regions. The use of geotechnology allowed the environmental evaluation of the obtained data by different thematic maps, what has enabled integrated view about these aspects of great relevancy to the analysis and mapping of susceptible areas to inundation.

**Key-words:** Geo-environmental analysis. Geotechnologies. Vista SAGA.

## Referências

- [1] SANTOS, A. A. Geoprocessamento aplicado à identificação de áreas de fragilidade ambiental no parque estadual da Serra do Rola Moça. 39 p. Departamento de Cartografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais. Monografia de Especialização, 2010.
- [2] ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's Climate Classification Map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.
- [3] ROBAINA, L. E. de S. et al. Considerações geológicas e geomorfológicas sobre o Rebordo do Planalto Meridional no Rio Grande do Sul. In: SCHUMACHER, M.V. et al. (Eds.). *A Floresta Estacional Subtropical: caracterização e ecologia no Rebordo do Planalto Meridional*. Santa Maria: Editora Pallotti, 2011. p. 21-31.
- [4] PEDRON, F. de A.; DALMOLIN, R. S. D. Solos da região do Rebordo do Planalto Meridional no Rio Grande do Sul. In: SCHUMACHER, M. V. et al. (Eds.). *A Floresta Estacional Subtropical: caracterização e ecologia no Rebordo do Planalto Meridional*. Santa Maria: Editora Pallotti, 2011. p. 33-51.
- [5] ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 8, p. 63-74, 2011.
- [6] SALOMÃO, F. X. T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA A.S.; BOTELHO, R.G.M. (Org.) *Erosão e conservação dos solos: conceitos temas e aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 229-267, 1999.
- [7] SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling" *Camara G, Souza RCM, FreitasUM, Garrido J Computers & Graphics*, v. 20, n. 3, p. 95-403, 1996.
- [8] QGIS: Open Source Geographic Information System. Disponível em: <<http://www.qgis.org>>. Acesso em: Ago. de 2019.
- [9] SILVA, J. X. *Geoprocessamento para Análise Ambiental*. Rio de Janeiro: J. Xavier da Silva, 228p, 2001.
- [10] RODRIGUES, B. T.; CALHEIROS, S. Q. C.; MELO, N. A. de. Potencial de movimento de massa no município de Maceió-Alagoas. *Geo UERJ*, n. 24, v. 1, p. 207-227, 2013.
- [11] MARINO, T. B.; SILVA. J. X.; QUINTANILHA, A. Metodologia para tomada de decisão no âmbito de riscos socioambientais em áreas urbanas: desmoronamentos e enchentes em assentamentos precários na bacia do córrego Cabuçu de Baixo – SP. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 64, v. 1, p. 83-101, 2012.
- [12] STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. *Solos do Rio Grande do Sul*. 2 ed. ver. e ampl. Porto Alegre: Emater/RS, 2008, p. 222.
- [13] SCHIRMER, J. S.; ROBAINA, L. E. D. E. S.; TRENTIN, R. Unidades geomorfológicas em municípios da Quarta Colônia do Rio Grande do Sul. *Geografia Ensino & Pesquisa*, v. 17, n. 2, p. 199-212, 2013.
- [14] VIERO, A. C.; SILVA, D. R. A. D. *Geodiversidade do estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: CPRM, 250 p, 2010.
- [15] JABUR, I. C. 87 p. *Paleocorrentes da Formação Botucatu entre os graus de Jaguaré e São Francisco de Assis e algumas considerações sobre o Grupo São Bento, RS*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 1979.
- [16] NORONHA, F.; BRESSANI, L.; MIZUSAKI, A. Mapeamento geotécnico da área urbana de Santa Cruz do Sul (RS, Brasil). In: *Seminário de Engenharia A*

Geotécnica do Rio Grande do Sul, 5, 2009, Pelotas. Anais... Pelotas, RS: ABMS, 2009. 12 p

[16] REZENDE, P. S.; MARQUES, D. V.; OLIVEIRA, L. A. Construção de modelo e utilização do Método de processo Analítico Hierárquico – AHP para mapeamento de risco à inundação em área urbana. Caminhos de Geografia, v. 18, n. 61, p. 01–18, 2017.

[17] VIEIRA, E. F. Rio Grande do Sul: Geografia Física e Vegetação. Porto Alegre: Sagra, 1984. 109p.