

MAPEAMENTO DAS MORFOLOGIAS DE RELEVO DO PERÍMETRO URBANO DE PELOTAS/RS ¹

Rafael Aires Pizzutti ²
Moisés Ortemar Rehbein ³

INTRODUÇÃO

O município de Pelotas está localizado na porção sudeste do estado do Rio Grande do Sul (RS) e é o quarto município em maior número de habitantes no estado, com uma população de 325.685 habitantes, sendo 93,85% dessa população, ou 305.656 habitantes, concentrada no perímetro urbano (distrito sede) em aproximados 203,960 km² (IBGE, 2022). Na área do perímetro urbano ocorrem importantes modais rodoviários, hidroviários, ferroviário e aeroviário, destacando a cidade de Pelotas enquanto um centro regional de prestação de serviços (Rehbein, Silva, Dutra, 2021).

A pressão imobiliária e habitacional, pela ineficiência e ou anuência de políticas públicas, faz avançar a urbanização sobre as planícies de inundações, com o aterro de áreas úmidas (regionalmente conhecidas como banhados). Isso tem resultado na supressão ecossistemas inteiros e na redefinição de comportamentos hidrológicos, gerando-se situações de risco às inundações (Silva e Rehbein, 2018).

Este trabalho tem como objetivo discutir dados morfométricos, morfográficos e apresentar a cartografia morfológica da área do perímetro urbano do município de Pelotas e, desse modo, disponibilizar bases para investigações morfocronogenéticas e morfodinâmicas do relevo, contribuindo para o projeto de mapeamento geomorfológico e de identificação de áreas de maiores suscetibilidades à inundação do perímetro urbano do município.

Para tanto, adotam-se as proposições teórico-metodológicas de definições taxonômicas para a cartografia do relevo apresentadas por Ross (1992), que traz, entre outras fundamentações, as contribuições de Demek *et al* (1972). Essa investigação se desenvolve na perspectiva de inventário e cartografia das morfologias de relevo

1 Este trabalho é resultado de pesquisa do PROBIC (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica) fomentado pela FAPERGS (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul).

2 Graduando do Curso de Geografia da Universidade Federal de Pelotas – UFPel, rafaelairp3@gmail.com;

3 Doutor em Geografia Física, professor do Departamento de Geografia UFPel – moisesgeoufpel@gmail.com.

correspondentes ao terceiro táxon na proposição de Ross, isto é, dos padrões de formas semelhantes do relevo.

METODOLOGIA

1º Etapa – Atividades em Laboratório de Geotecnologias

a) Organização de Base de Dados

O trabalho de Rehbein, Silva e Dutra (2021) de mapeamento de padrões morfológicos do relevo do município de Pelotas/RS alicerça o presente trabalho pela definição de materiais (Planos de Informações – PIs) e procedimentos operacionais. Os PIs da pesquisa compreendem arquivos vetoriais indicadores de talwegues, divisores d'água, rupturas clinográficas e de morfologias de relevo para área do município de Pelotas/RS. Também foram organizados outros PIs para a constituição de uma base de dados, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1: Base de Dados.

Plano de Informação	Arquivo	Escala ou Resolução Espacial	Referência
Morfologias do relevo do município de Pelotas	Vetorial	1:25.000	Rehbein, Silva, Dutra (2021)
Rede de drenagem, sistema viário e perímetro urbano.	Vetorial	-	Prefeitura Municipal de Pelotas (2018, 2020, 2022)
Hidrografia	Vetorial	1:25.000	Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura – SEMA-RS (2018)
Curvas de nível (equidistância de 20m), pontos cotados e sistema viário.	Vetorial	1:50.000	Hasenack, Weber (2010)
Limites intermunicipais	Vetorial	1:250.000	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2022)
Imagens de satélites de alta resolução	Matricial	1:5.000*1	Google Satellite (2023)
Modelo digital de terreno – MDT	Matricial	05 m	Xavier (2017)

Modelo digital de elevação – MDE / Alos Palsar (2007)	Matricial	12,5m	<i>Alaska Satellite Facility – ASF (2014)</i>
Modelo digital de elevação – MDE / SRTM (2000)	Matricial	1 segundo de arco ou ~30m	<i>United States Geological Survey – USGS (2018)</i>

*1 Escala definida no painel navegador do programa QGIS para visualização de imagens de satélites do complemento QuickMapServices do provedor Google Satellite.

Todos os PIs, vetoriais e matriciais, foram projetados ao Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas, SIRGAS 2000, faixa UTM 22S e para as edições vetoriais utilizou-se o programa QGIS, versão 3.22

b) Edições Vetoriais: Morfologias de Relevo e Hidrografia

Considerando-se que a Base de Dados (Quadro 1) desta pesquisa se constitui de PIs de maiores resoluções espaciais e melhores acurácias dos que os utilizados no trabalho de Rehbein, Silva e Dutra (2021); este trabalho compreende ajustes, novas vetorizações e processamentos matriciais para a obtenção de informações mais detalhadas do relevo e hidrografia da área do perímetro urbano de Pelotas.

Fundamentalmente, os ajustes e novas vetorizações compreendem edições do PIs das rupturas clinográficas, a fim de se obter maior precisão na espacialização das diferentes morfologias de relevo, tal como na definição dos limites entre os terraços e as planícies, por exemplo. A edição das rupturas clinográficas foi realizada de modo visual, a partir da criação e distribuição espacial de linhas de contorno (isolinhas de altitudes de 1 m de equidistâncias) obtidas a partir do MDT (Xavier, 2017).

Como o MDT não recobre toda a área do perímetro urbano, utilizaram-se de apoio os MDEs de imagens SRTM (EROS, 2018) e Alos Palsar (ASF, 2014). Para ambos os MDEs se efetuaram as etapas de correções de valores negativos, preenchimento de pixels sem dados e de remoção de depressões espúrias. Das reclassificações desses MDEs se obtiveram Modelos Sombreados e espacializações de Classes Clinográficas e Hipsométricas.

Os Modelos Sombreados resultaram de simulações de diferentes ângulos de iluminação, proporcionando texturas e realces de relevo. Considerou-se para melhor visualização do Modelo o azimute de insolação de 315° e a altura de insolação de 45°. A definição das Classes Clinográficas e Hipsométricas se fundamenta em ensaios de agrupamentos desses dados para área de estudo, buscando-se a identificação de padrões morfométricos e morfográficos de relevo, através da aplicação de transparência e

sobreposição dos Modelos Sombreados e também se considerando os intervalos de classes adaptados de Ross (1994), marcadores de limites críticos geotécnicos e indicadores do vigor de processos erosivos e deposicionais. A quantificação dos dados morfométricos do relevo foi realizada a partir de cálculos de área dos arquivos matriciais de classes hipsométricas e clinográficas, em contexto de morfologias de relevo.

Ademais, realizou-se a edição (criação de novas camadas vetoriais, adição e manipulação de vértices) da rede hidrográfica da área do perímetro urbano, a partir dos PIs da Prefeitura Municipal de Pelotas (2018) e da Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura (SEMA-RS, 2018). A edição vetorial da rede hidrográfica se deu por interpretação visual de imagens do complemento Google Satélite, no *QGIS*, em escala definida no painel navegador do programa de aproximadamente 1:1000, e com auxílio do *Google Street View*.

2º Etapa - Trabalhos de Campo

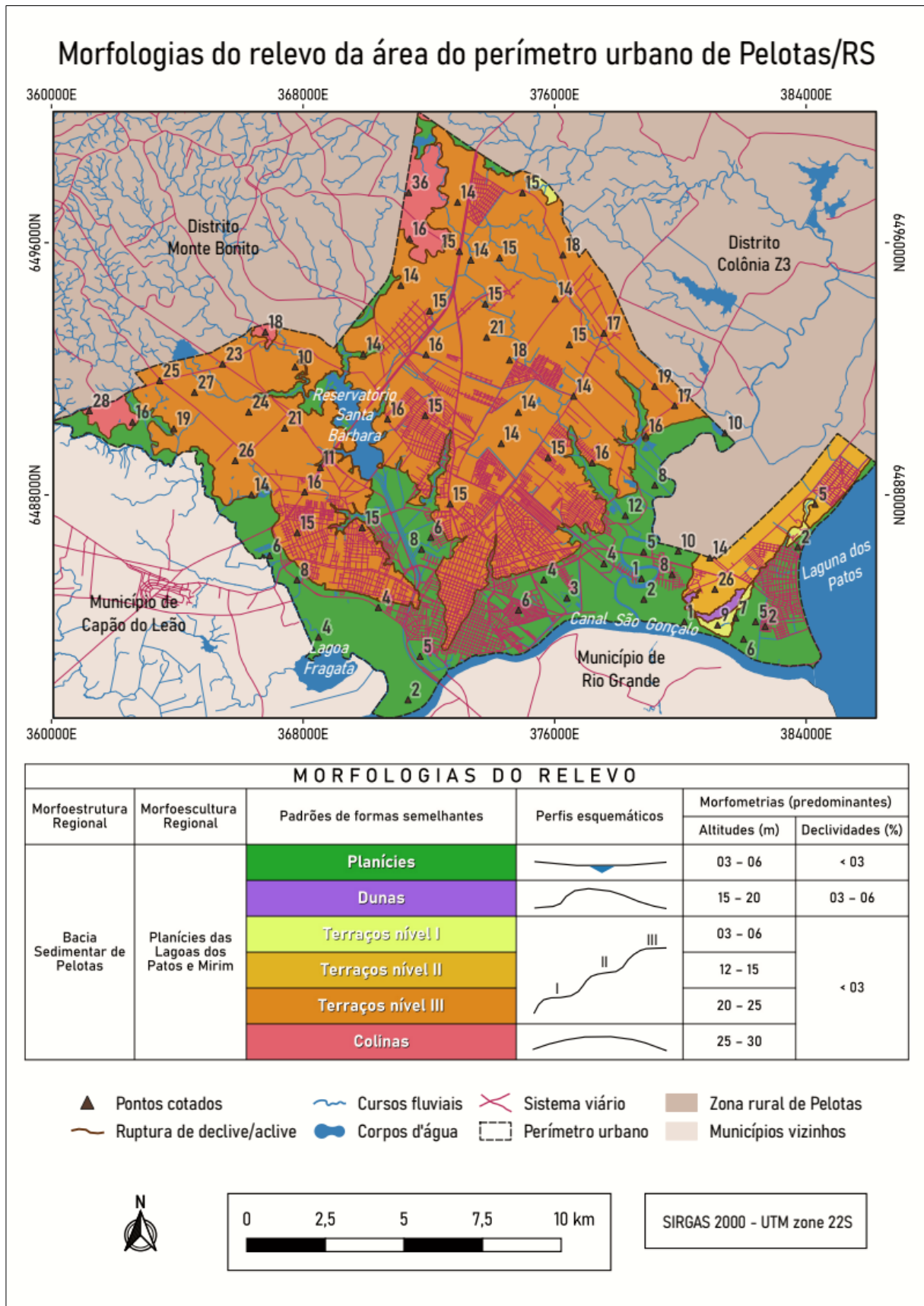
Compreende o reconhecimento *in loco*, com o uso de Sistema de Posicionamento Global (GPS), e registros fotográficos para a validação cartográfica dos padrões morfológicos de relevo da área do perímetro urbano de Pelotas. As incursões em campo ocorreram em abril de 2023 e março de 2024.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área do perímetro urbano de Pelotas está situada sobre relevos associados ao desenvolvimento da Bacia Sedimentar de Pelotas (unidade morfoestrutural) e da Planície das Lagoas dos Patos-Mirim (unidade morfoescultural). Nessa área foram mapeados seis padrões morfológicos de relevos, tais como, em colinas, terraços (em três diferentes patamares altimétricos), dunas e planícies, conforme a Figura 1.

As planícies são superfícies de contato, através de aclives (rupturas clinográficas), com os demais padrões de formas semelhantes de relevo da área. Elas representam superfícies planiformes, com declividades inferiores a 3 %, e altitudes inferiores a 9 m, sobretudo com altitudes entre 3 e 6 m. Comportam os talwegues do modelado e se constituem vinculadas a rede hidrográfica fluvial (do arroio Moreira-Fragata, Santa Bárbara, Pepino, Pelotas e canal São Gonçalo), lacustre (lagoa do Fragata) e lagunar (laguna dos Patos), assim, podendo ser chamadas de planícies de inundações (leitões

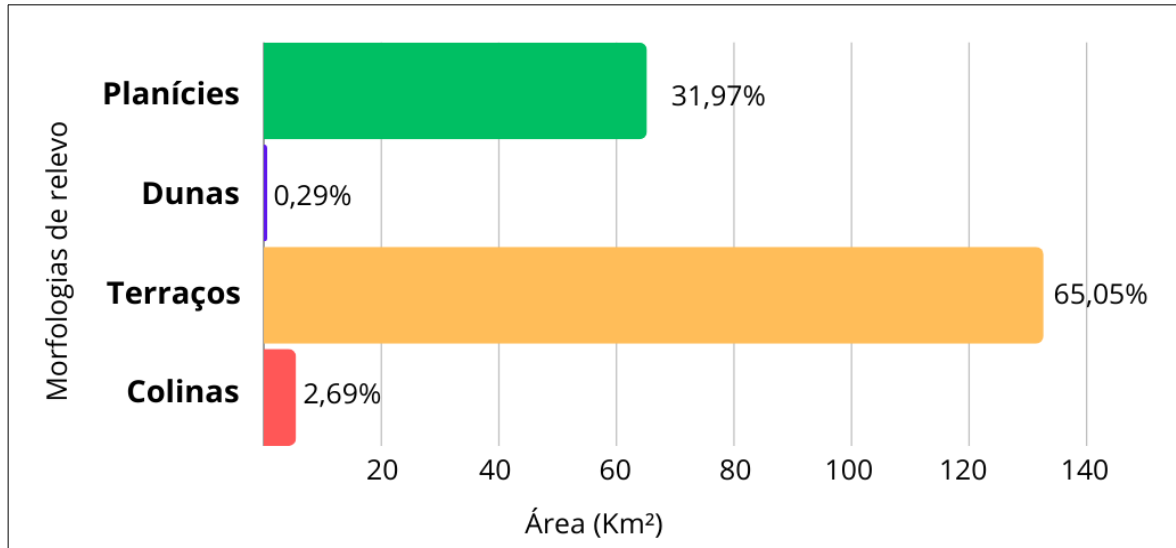
Figura 1: Mapa das morfologias de relevo do perímetro urbano de Pelotas/RS.



Elaboração: os autores.

maior e excepcional dos cursos e corpos d'água associados). Nelas se observam ascensões sazonais e perenes do nível freático e a formação de inúmeras áreas úmidas.

Gráfico 1: Distribuição das morfologias de relevo do perímetro urbano de Pelotas/ RS.



Elaboração: os autores.

As planícies possuem maiores dimensões em orientações Sul e Leste da área urbana, no sentido das jusantes dos principais canais fluviais e da laguna dos Patos, acompanhando o aumento na capacidade flúvio-lagunar. Equivalem a 65 km² ou 31,98% da área do perímetro urbano do município de Pelotas (Gráfico 1).

Situadas a leste na área, as dunas ocorrem a partir de rupturas clinográficas em aclives sobre as superfícies de terraços. Formam-se por rampas de declividades, predominantemente, entre os 3 a 6% (as faces de barlavento posicionam-se a sudeste enquanto que as de sotavento a noroeste) e atingem altitudes, majoritariamente, entre os 15 e 20 m. Se estendem por apenas 0,58 km² da área total do perímetro urbano.

Distribuídos em todas as orientações na área do perímetro, os terraços compreendem superfícies amplamente planas, com declividades majoritariamente inferiores 3% e são delimitados em rupturas de declives com as planícies e de aclives com as dunas e colinas, constituindo-se em três degraus de taludes e patamares de diferentes níveis altimétricos: o nível I com a predominância de altitudes entre os 3 a 6 m, o nível II entre os 12 a 15 m e o nível III entre os 20 a 25 m. Os terraços representam 132 km² da área do perímetro urbano (terraço nível I – 1,43 km², nível II – 8,90 km², nível III – 122,34 km²).

Distribuídas a oeste na área, as colinas são formas suavemente onduladas de topos arredondados e quase planos. São delimitadas por sutis discontinuidades de declives em relação aos terraços e ou planícies. Embora sejam constituídas por vertentes de inclinações majoritariamente inferiores aos 3%, são também bastante comuns as superfícies de classes clinográficas entre os 3% e 5% até os 8%, em cotas altimétricas, predominantemente, entre os 25 m a 30 m., ocupando 5,50 km² da área do perímetro urbano.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cartografia morfológica do relevo estrutura plano de informação para análises de morfogêneses e de morfodinâmicas do modelado e, desse modo, traz importantes bases para o mapeamento geomorfológico da área do perímetro urbano de Pelotas. Esse mapeamento é um instrumento básico na formulação de políticas de ordenamento territorial, como na orientação de áreas para expansão urbana, na identificação de áreas de maiores suscetibilidades à erosão, inundação, de riscos geológicos e hidrológicos.

Preliminarmente ao mapeamento geomorfológico, considerando-se a recorrência sazonal de eventos pluviométricos extremos na região, a partir da cartografia morfológica do relevo, chama-se a atenção para os riscos geológicos de ocupações em segmentos de rupturas clinográficas e hidrológicos de ocupações urbanas em áreas de planícies. Assim, orienta-se que a expansão da malha urbana ocorra sobre as superfícies de terraços e colinas. A fim de se mitigarem as inundações urbanas, recomenda-se fortemente a preservação das áreas úmidas remanescentes nos diferentes padrões morfológicos de relevo, mas especialmente nas planícies.

Palavras-chave: Mapeamento geomorfológico, Geomorfologia de Pelotas, Morfografias do relevo, Morfometrias do relevo.

REFERÊNCIAS

ASF – *Alaska Satellite Facility*. **ALOS PALSAR** – *Radiometric Terrain Correction*. Fairbanks: ASF, [2014]. DOI 10.5067/Z97HFCNKR6VA. Disponível em: <<https://asf.alaska.edu/datasets/daac/alos-palsar-radiometric-terrain-correction/>> Acesso em: 18 abr. 2024.

DEMEK, J.; EMBLETON, C.; GELLERT, J. F. & VERSTAPPEN, H. T. (eds.). *Manual of detailed geomorphological mapping*. Praga: IGU – *International*

Geographical Union, Commission on Geomorphological Survey and Mapping, 1972. 320p.

EROS – *Earth Resources Observation and Science*. **USGS EROS Archive** - Digital Elevation - Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). Sioux Falls: USGS – *United States Geological Survey*, 2018. DOI 10.5066/F7K072R7. Disponível em: <https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-digital-elevation-shuttle-radar-topography-mission-srtm-non?qt-science_center_objects=0#qt-science_center> Acesso em: 18 abr. 2024.

HASENACK, H. & WEBER, E. (org.). **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul** – escala 1:50.000. Porto Alegre: UFRGS, Centro de Ecologia, 2010. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/labgeo/index.php/downloads/dados-geoespaciais/base-cartografica-vetorial-continua-do-rio-grande-do-sul-escala-150-000/>> Acesso em 30 jan. 2024.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama do Censo 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, [2023]. Disponível em: <<https://censo2022.ibge.gov.br/panorama>> Acesso em: 29 abr. 2024.

PREFEITURA Municipal de Pelotas, SGCMU - Secretaria e Gestão da Cidade e Mobilidade Urbana. **GeoPelotas** – Portal de Informações Geográficas da Prefeitura Municipal de Pelotas. Pelotas: SGCMU, [entre 2018 e 2022]. Disponível em: <<https://geopelotas-pmpel.hub.arcgis.com/>> Acesso em: 30 out. de 2023.

REHBEIN, M. O.; SILVA, A. R. E. & DUTRA, D. S. Cartografia morfológica do relevo do município de Pelotas (RS). **Revista Geografar**. Curitiba, v. 16, n. 2, p. 531-554, jul. a dez./2021. DOI 10.5380/geografar.v16i2.79492.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo, v. 8, p. 63-74, 1994. DOI 10.7154/RDG.1994.0008.0006.

ROSS, J. L. S. Registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo, v. 6, n. 1, p. 17-29, 1992. DOI 10.7154/RDG.1992.0006.0002.

SEMA-RS – Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura. **Dados Geoespaciais**. Porto Alegre: SEMA-RS, [2018]. Disponível em <<https://www.sema.rs.gov.br/si-dados-geoespaciais>> Acesso em: 31 out. 2023.

SILVA, A. R. E & REHBEIN, M. O. Análise e mapeamento geomorfológico da área de influência da planície costeira de Pelotas (Rio Grande do Sul, Brasil). **Revista Brasileira de Geomorfologia**. [S.l.], v. 9, n. 3, 2018. DOI 10.20502/rbg.v19i3.1342.

XAVIER, S. C. **Mapeamento Geotécnico aplicado ao planejamento do uso e ocupação do solo na cidade de Pelotas: estudo voltado à expansão urbana**. 2017. 380p. Tese (Doutorado). Porto Alegre: UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. 2017.