



Uso de cartografia histórica como ferramenta para a interpretação do comportamento geotécnico dos depósitos tecnogênicos em regiões portuárias de Rio Grande/RS/Brasil

Karina Retzlaff Camargo¹, Valéria Vaz Alonso², Alexandre Felipe Bruch³, Milene Lima Rodrigues⁴, Cezar Augusto Burkert Bastos⁵, Marciano Carneiro⁶

¹Professora da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Docente Permanente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Oceânica (PPGEO) e Doutora em Engenharia Civil. ORCID: 0000-0002-6427-329X

²Mestranda em Geotecnia na Universidade de São Paulo (USP), Engenheira Civil e Técnica em Geoprocessamento. ORCID: 0000-0001-5624-5398

³Professor da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) e Doutor em Geografia. ORCID: 0000-0003-1734-6799

⁴Técnica em Geoprocessamento e Graduanda em Engenharia Civil Costeira e Portuária na Universidade Federal do Rio Grande (FURG). ORCID: 0009-0009-0666-3992

⁵Professor da Universidade Federal do Rio Grande (FURG) e Doutor em Engenharia Civil. ORCID: 0000-0002-8898-3173

⁶Professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Docente Permanente do Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto (PPGSR) e Doutor em Engenharia. ORCID: 0000-0003-4436-1935

Artigo recebido em 08/06/2024 e aceito em 05/02/2025

RESUMO

O município do Rio Grande, localizado no extremo sul do Rio Grande do Sul, foi o primeiro marco lusitano no estado, escolhido pela possibilidade de construção de um porto nas águas mais calmas da saída da Laguna dos Patos para o Oceano Atlântico. Ao longo do tempo, a região, situada em uma planície costeira com restingas ativas, enfrentou desafios fisiográficos que levaram à execução de depósitos tecnogênicos para possibilitar a expansão urbana e portuária. Este estudo avalia o comportamento geotécnico desses depósitos em áreas portuárias do município. Utilizando cartografia histórica e trabalho de campo com referenciamento geodésico, foram analisadas as transformações espaciais decorrentes da transformação por depósitos tecnogênicos. Mapas históricos e fotografias aéreas permitiram identificar três áreas principais de deposição, com destaque para as regiões portuárias mais antigas, Porto Velho e Porto Novo. A investigação geotécnica dessas regiões portuárias, por meio de sondagens SPT (*Standard Penetration Test*), revelou a predominância de solos arenosos e argilosos. Por sua vez, os ensaios CPTu (*Cone Penetration Test* com medida de poropressão) indicaram o predomínio de misturas de silte, fração granulométrica não identificada pelas sondagens. A heterogeneidade dos depósitos antrópicos alterou o comportamento dos solos finos, tornando-os mais drenantes, conforme comprovado por ensaios de dissipação do excesso de poropressão. O estudo destaca as ambiguidades nas classificações de solos pelos métodos empregados, enfatizando a importância de uma abordagem combinada, envolvendo retirada de amostras e estimativas de comportamento, para uma interpretação geotécnica mais precisa.

Palavras-Chave: Sondagem SPT; Ensaio CPTu; Levantamentos geodésicos; Aterros

Use of historical cartography as a tool for interpreting the geotechnical behavior of technogenic deposits in port areas of Rio Grande/RS/Brazil

ABSTRACT

The Rio Grande city, located in the extreme south of Rio Grande do Sul, was the first Portuguese landmark in the state, chosen for the possibility of building a port in the calmer water at the exit of the Patos Lagoon into the Atlantic Ocean. Over time, the region, situated on a coastal plain with active sandbanks, faced physiographic challenges that led to the execution of technogenic deposits to enable urban and port expansion. This study evaluates the geotechnical behavior of these deposits in port areas of the municipality. Using historical cartography and fieldwork with geodetic referencing, spatial transformations resulting from technogenic deposits were analyzed. Historical maps and aerial photographs

allowed the identification of three main deposition areas, emphasizing the oldest port regions, Old Port and New Port. Geotechnical investigations in these port areas, through SPT (Standard Penetration Test) soundings, revealed a predominance of sandy and clayey soils. Conversely, CPTu (Cone Penetration Test with pore pressure measurement) tests indicated a predominance of silt mixtures, a granulometric fraction not identified by the soundings. The heterogeneity of anthropogenic deposits altered the behavior of fine soils, making them more draining, as confirmed by pore pressure dissipation tests. The study highlights ambiguities in soil classifications using the methods employed, emphasizing the importance of a combined approach, involving sample collection and behavior estimation, for a more accurate geotechnical interpretation.

Keywords: SPT sounding; CPTu test; Geodetic surveys; Landfills

Introdução

A Vila do que corresponde hoje ao município do Rio Grande, localizado no estado do Rio Grande do Sul, foi o primeiro marco da presença lusitana em terras gaúchas, com sua fundação datada de 1737 (Pires *et al.*, 2020; Barroso, 2023; Nery & Ferreira, 2023). Diversos pesquisadores (Scoot, 2017; Pires *et al.*, 2020; entre outros) destacam que a ocupação teve antecedentes e motivações históricas ligadas ao conflito luso-espanhol pela conquista do Rio da Prata.

A ocupação, segundo Barbosa e Araújo (2021), foi iniciada com a construção de um forte, seguindo orientações do Conselho Ultramarino Português, o qual sugeria a ocupação e fortificação sistemática para garantir domínio sobre as terras e dar apoio logístico à Colônia do Sacramento. Martins (2022) relata que o forte foi construído em uma restinga ativa do sistema lagunar da desembocadura da Laguna dos Patos.

Sfredo e Tagliani (2016) e Sato e Bonilha (2020) descrevem a região como composta por dunas, lençóis de areia, sequências lagunares e banhados, além de vegetação campestre pobre. Apesar das condições fisiográficas desafiadoras, Pires *et al.* (2020) explicam que a localização foi escolhida devido ao porto natural e à posição estratégica no contexto da vasta costa retilínea do sul do Brasil.

Portanto, a cidade do Rio Grande está situada no extremo sul do estado do Rio Grande do Sul, na desembocadura da Laguna dos Patos para o Oceano Atlântico. De acordo com Dillenburg *et al.* (2017), Villwock e Tomazelli (2022), Barboza *et al.* (2021), Moura (2022), entre outros, a região localiza-se na Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS) e, mais especificamente, no mais recente sistema deposicional que a forma, que é o Sistema Laguna-Barreira IV.

Essa barreira é formada principalmente pelas areias da faixa praias e o campo eólico adjacente. Assim, grande parte do município é recoberto por solos granulares, predominantemente quartzosos, oriundos da degradação e transporte das rochas adjacentes que formaram a PCRS e que se encontram, normalmente, inconsolidados por

serem geologicamente muito jovens (Lima & Parise, 2020; Villwock *et al.*, 2021; Rocha & Rosa, 2022; Nascimento *et al.*, 2023).

Devido às condições inóspitas do terreno original, modificações significativas foram realizadas por atividades antrópicas. A execução de depósitos tecnogênicos tem sido uma prática comum desde os primeiros anos de ocupação da cidade até os dias de hoje (Sato & Bonilha, 2020) e entende-se que estes depósitos apresentam comportamento geotécnico diferente dos solos naturais da região. Por isso, compreender o comportamento geotécnico destes depósitos é crucial para previsão do uso desses solos para utilização em projetos de engenharia, especialmente porque eles estão localizados nas áreas densamente urbanizadas.

Uma das maiores dificuldades desta análise é identificar a localização e distribuição dos depósitos tecnogênicos. Autores como Kainz (2020), Rocha e Rocha (2020), Caramaz e Machado (2023) e Laeta *et al.* (2023) destacam a importância da cartografia histórica para entender a dinâmica e estrutura de um espaço em tempos pretéritos. Asokan *et al.* (2020) e Maximo-Pereira *et al.* (2021) argumentam que os mapas históricos são marcos das transformações espaciais das cidades, fornecendo informações precisas sobre o que já existia e o que era relevante para ser mapeado.

A cartografia histórica, como exemplificado por Jiayao *et al.* (2022) e Pereira *et al.* (2023), pode preencher lacunas de conhecimento não esclarecidas por outras fontes documentais e facilitar a análise de configurações espaciais em tempos pretéritos. Neste contexto, este trabalho busca aprofundar a compreensão da localização e evolução temporal dos depósitos tecnogênicos em Rio Grande, contribuindo para o entendimento do comportamento geotécnico dos solos. Adicionalmente, o estudo apresenta um panorama atualizado da delimitação desses depósitos utilizando geotecnologias de alta precisão, conforme metodologias de Um *et al.* (2020), Zeybek (2021), Beltrán-Iza *et al.* (2022) e Ashary *et al.* (2023).

Área de estudo

O município de Rio Grande está localizado a cerca de 320 km da capital do estado, na foz da Laguna dos Patos, às margens do canal de saída das águas da laguna para o Oceano Atlântico, conhecido como Barra do Rio Grande, conforme mostra a Figura 1. Segundo Oliveira *et al.* (2019) e Camargo *et al.* (2023b), o município está

localizado em uma restinga limitada nos quadrantes sul e noroeste por enseadas rasas marginais (Saco da Mangueira, Saco do Martins e Saco do Justino), ao norte pelo Canal do Norte e a leste pela Barra do Rio Grande. Como limites hídricos, ao norte/nordeste situam-se zonas de canais, onde a hidrodinâmica e a profundidade normalmente são maiores.

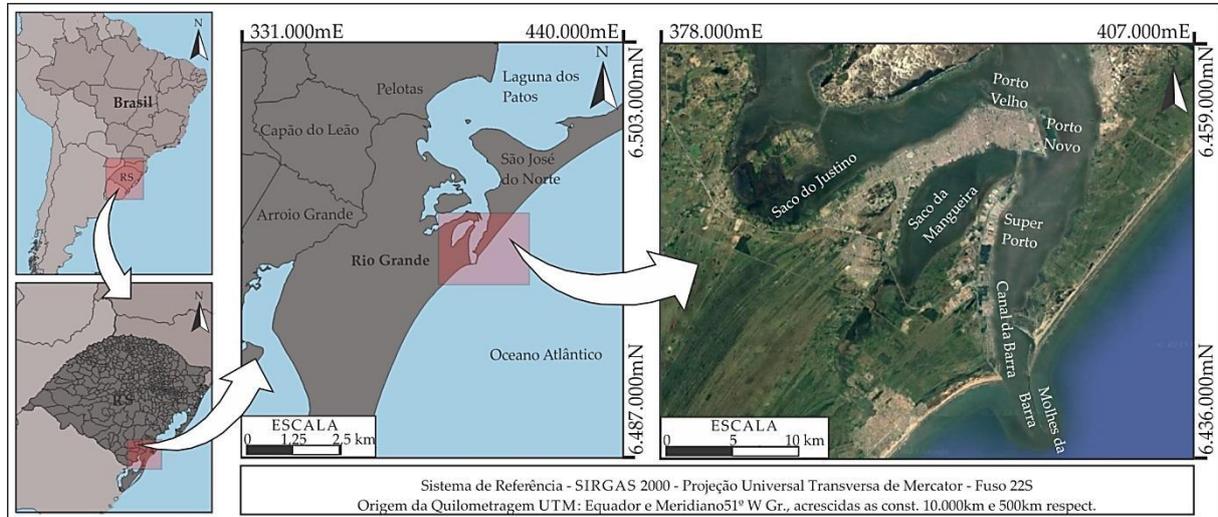


Figura 1. Mapa de localização do município de Rio Grande/RS.

A região encontra-se na unidade geomorfológica PCRS, a qual corresponde aos sedimentos superficiais da bacia de Pelotas (Oliveira *et al.*, 2020). De acordo com Dillenburg *et al.* (2017) e Lima *et al.* (2020), a PCRS desenvolveu-se a partir da justaposição lateral de quatro sistemas deposicionais do tipo laguna-barreira, cuja formação foi controlada por quatro grandes eventos transgressivos-regressivos do mar ocorridos durante o Período Quaternário.

A zona urbana de Rio Grande situa-se no sistema Laguna-Barreira IV, o mais recente dos sistemas deposicionais. Segundo Dillenburg *et al.* (2017), este é holocênico e é resultado da última grande transgressão pós-glacial, quando o mar alcançou um nível do mar de 3 a 4 metros acima do atual. Esta progradação apresenta-se através de cordões litorâneos observados ao sul da cidade do Rio Grande.

Material e métodos

O trabalho teve início com uma revisão bibliográfica aprofundada sobre o município de Rio Grande, que serviu de subsídio para a interpretação dos resultados obtidos em fases posteriores. Esta revisão forneceu um panorama abrangente do contexto histórico e geotécnico da região.

A etapa seguinte envolveu a confecção de mapas baseados na cartografia histórica do município. Para isso, foram selecionados mapas analógicos de interesse, encontrados na Biblioteca Riograndense e na extinta Biblioteca Setorial da Engenharia Oceânica da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), cujo acervo foi doado para a Biblioteca Central da mesma instituição e que, neste momento, encontra-se em fase de catalogação. O material de interesse foi digitalizado com *scanner* planetário A0 pertencente ao Laboratório de História, Imagem e Som (LAHIS) do Instituto de Ciências Humanas e da Informação (ICHI) da FURG.

Adicionalmente, foram coletadas imagens aéreas de 1947 e 1975, disponibilizadas pela Agência de Desenvolvimento da Lagoa Mirim (ALM). As imagens aéreas de 1947 fazem parte de um levantamento aerofotogramétrico realizado pela Força Aérea Brasileira (FAB) no voo 91, em escala 1:40.000, enquanto as imagens de 1975 pertencem ao voo 81, também realizado pela FAB, em escala 1:20.000. Essas imagens foram digitalizadas em mesa digitalizadora com resolução de 600 dpi. A partir destas imagens foram construídos dois mosaicos semi-controlados através de similaridade radiométrica entre as

imagens que apresentavam sobreposição lateral e frontal. A resolução espacial de saída foi de 1,8 m.

Com os arquivos digitais em mãos, realizou-se um levantamento para selecionar aqueles com potencial para confecção de mapas temáticos. Em seguida, procedeu-se o georreferenciamento dessas imagens, atribuindo coordenadas geodésicas com base em pontos de controle identificados no terreno. Foram utilizados 117 pontos de controle determinados com um receptor geodésico *Global Navigation Satellite System* (GNSS) com recepção de correções em tempo real – RTK/GSM (*Real Time Kinematic/Global System for Mobile*).

O receptor é da marca *Emlid*[®], modelo Reach RS2, bandas L1, L2 e multi constelação (GPS, GLONASS, BeiDou e Galileo), conforme descrições de Valente *et al.* (2020) e Busch *et al.* (2024). O método relativo em tempo real foi utilizado, conforme indicado por Um *et al.* (2020), Zeybek (2021), Beltrán-Iza *et al.* (2022) e Ashary *et al.* (2023). A conexão foi estabelecida entre o receptor móvel (*rover*) e uma base geodésica conhecida do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, localizada no município de Capão do Leão/RS, denominada RSPE (Rio Grande do Sul – Pelotas). Para isso foi utilizada conexão via telefonia móvel. A base possui coordenadas conhecidas vinculadas ao Sistema Geodésico Brasileiro.

Os pontos de controle foram registrados após as ambiguidades serem resolvidas e obtenção de solução fixa, com precisão horizontal de 14 mm e vertical de 17 mm, conforme especificações do fabricante (Busch *et al.*, 2024; Fontoura *et al.*, 2024). O sistema de referência geodésico utilizado foi o SIRGAS 2000, com projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), no Fuso 22S. Como referência para as altitudes, optou-se pelo

modelo de conversão de altitudes HGeoHNor 2020 do IBGE, o qual foi inserido na coletora *Reach View* para *Smartphone* do receptor RS2, o que resultou, assim, em altitudes normais.

Para o georreferenciamento dos materiais cartográficos foi utilizado o *software QGIS*[®] e os pontos de controle foram inseridos nos alvos visíveis em ambas as imagens. O nível de aceitação dos resultados foi estabelecido para o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC-PCD) Classe A, em escala 1:5.000 de produtos cartográficos digitais (DSG, 2018) e metodologia de análise descrita por Bruch *et al.* (2019) e Carneiro *et al.* (2022). O erro quadrático médio aceito foi inferior a 1 (*pixel*).

De posse desses produtos, procedeu-se a vetorização das linhas de costa nos diferentes anos. Em seguida, foi consultado o SIG (Sistema de Informações Geográficas) apresentado em Camargo *et al.* (2023a), que apresenta os resultados de sondagens *Standard Penetration Test* (SPT) para a avaliação da caracterização geotécnica dos depósitos estudados. A localização das sondagens é apresentada na Figura 2.

Também foram utilizados resultados de ensaios CPTu (*Cone Penetration Test* com medida de poropressão). Os resultados utilizados estavam em anexos de teses, dissertações e relatórios técnicos. Logo, a primeira etapa do trabalho foi digitalizá-los com o auxílio do *software Grapher*[®]. Esta etapa permitiu a obtenção de resultados de resistência de ponta (q_c), resistência lateral (f_s) e poropressão (u). A partir desses resultados foram calculados, conforme indicações de Robertson (2016), os valores de resistência de ponta corrigida no ensaio (q_t), resistência de ponta corrigida e adimensionalizada (Q_t), parâmetro de poropressão (Bq) e resistência lateral corrigida e adimensionalizada (F_r), através das Equações 01, 02, 03 e 04, respectivamente.

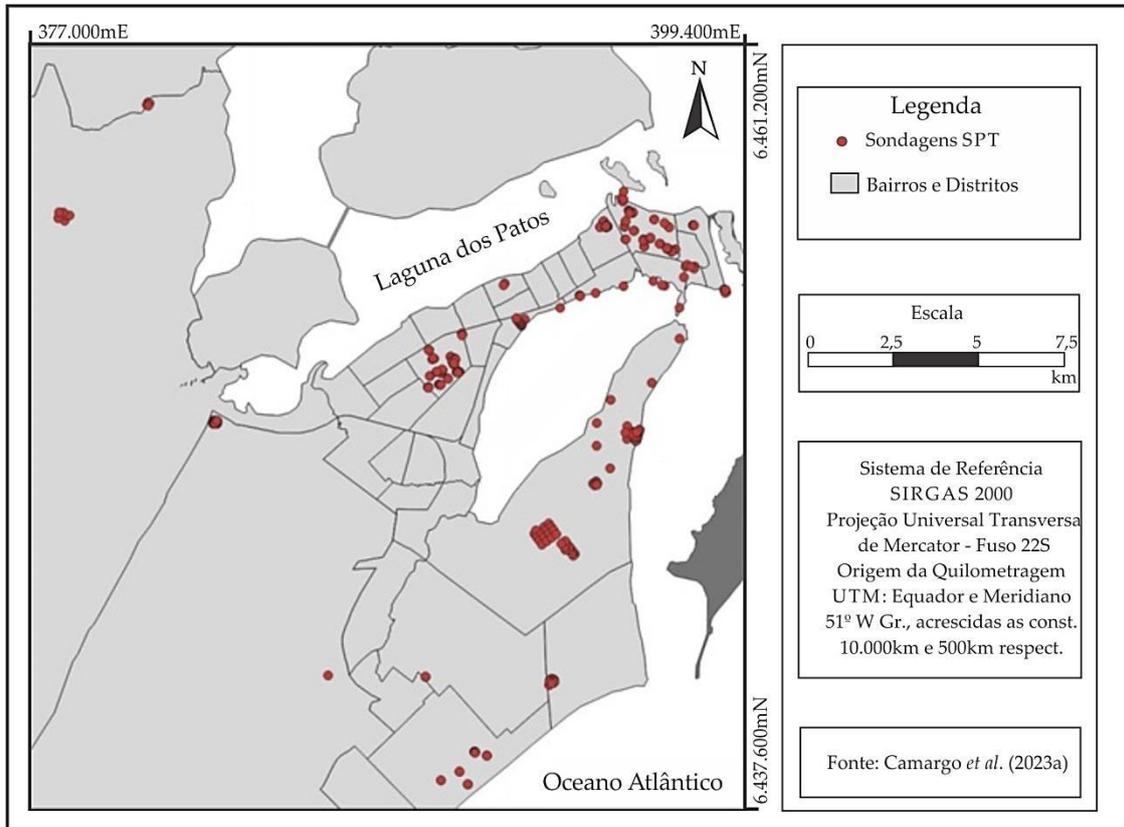


Figura 2. Mapa de localização das sondagens SPT utilizadas no trabalho.

$$q_t = q_c + (1 - a) u \quad (1)$$

$$Q_t = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \quad (2)$$

$$B_q = \frac{u - u_0}{q_t - \sigma'_{v0}} \quad (3)$$

$$F_r = \frac{f_s}{q_t - \sigma'_{v0}} 100\% \quad (4)$$

onde a é a relação entre a área do cone e a área onde é inserido o transdutor de poropressão, σ_{v0} e σ'_{v0} são, respectivamente, as tensões verticais total e efetiva atuantes na profundidade analisada, as quais são dependentes do peso específico natural do solo (γ) e u_0 é a poropressão estática. Os parâmetros Q_t , B_q e F_r são os dados de entrada nos ábacos desenvolvidos por Robertson (1990) para a classificação geotécnica dos solos ao longo da profundidade. Assim, a etapa seguinte consistiu em realizar esta classificação.

Resultados

Cartografia histórica

As Figuras 3a e 3b mostram, respectivamente, os mosaicos de fotografias aéreas de 1947 e 1975. Para o georreferenciamento destas imagens e dos mapas históricos foram determinados pontos de controle em campo, os quais estão identificados na Figura 4. A interpretação desses resultados permitiu a identificação da variação da linha de costa ao longo do período de tempo inventariado por este trabalho, conforme está apresentado na Figura 5.

Na Figura 6 os resultados apresentados são organizados em um único mapa, o que permite a observação de que há três regiões que sofreram intensas modificações na linha de costa e que, dentre estas, duas correspondem às regiões do Porto Velho e Porto Novo. Pela ausência de dados disponíveis na literatura ratificando tratar-se de um depósito tecnogênico e poucos dados no acervo de sondagens utilizados neste trabalho sobre a terceira região, este trabalho foca na interpretação da evolução temporal das linhas e costa e comportamento geotécnico dos solos das regiões portuárias.

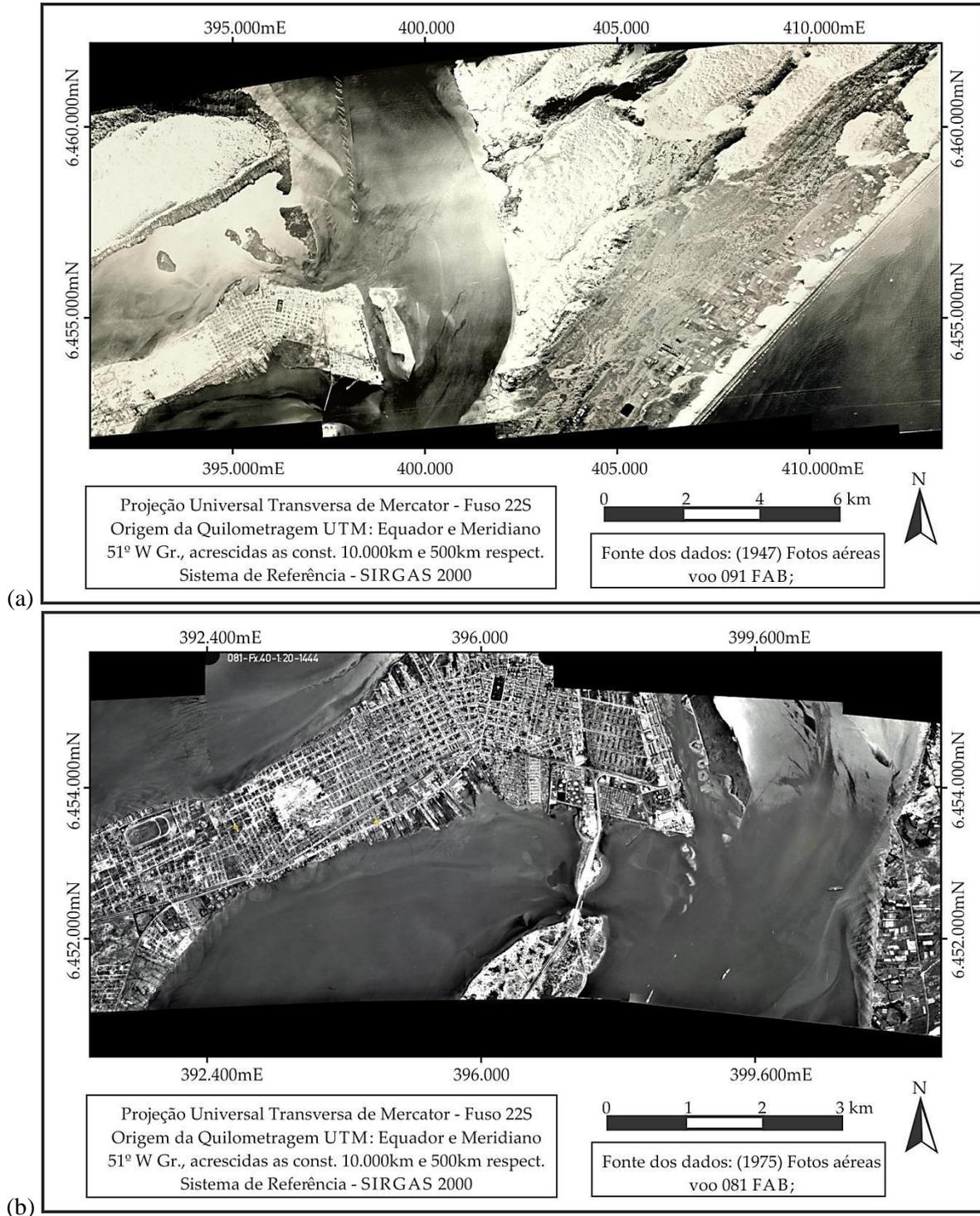


Figura 3. Mosaico de fotografias aéreas: (a) de 1947; e (b) de 1975.

Observa-se que, em termos gerais, a ocorrência de depósitos tecnogênicos em Rio Grande, excetuando-se a terceira região, está relacionada às primeiras instalações portuárias da cidade (hoje conhecidas como Porto Velho e Porto Novo) e, assim, está diretamente vinculada à evolução histórica do município, que teve sua

origem e evolução concatenadas às atividades portuárias. Por isso os parágrafos vindouros propõem-se a sumarizar as origens e evolução histórica do município em análise, dando ênfase somente às fases relacionadas aos avanços dos depósitos tecnogênicos.

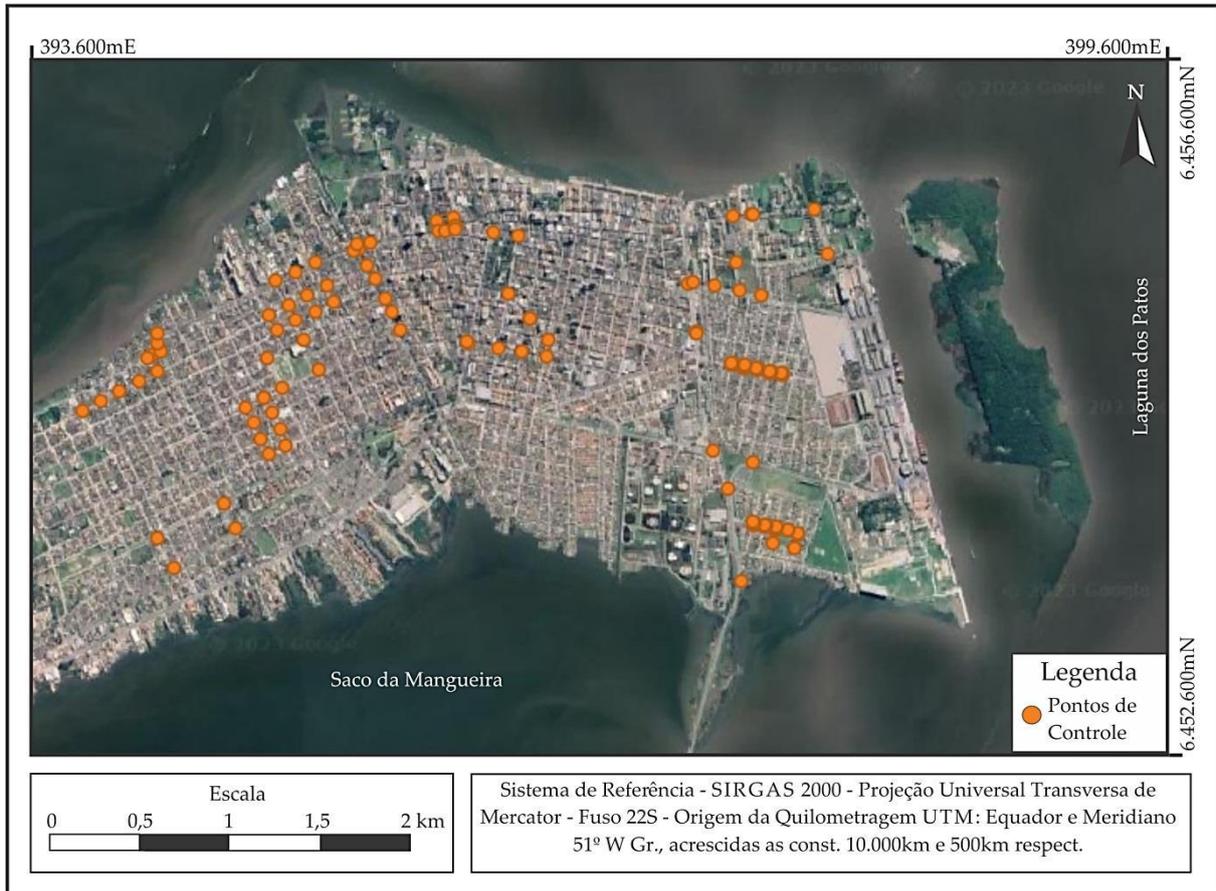


Figura 4. Pontos de controle determinados com receptor GNSS geodésico.

De acordo com Queiroz (1987), em 1755 foi fundada a Matriz de São Pedro e houve o início da expansão urbana da região. Esta expansão foi gradual e lenta, permeada por dificuldades fisiográficas. Segundo o autor, a concentração populacional nesta região se deu por: (i) proximidade das águas mais calmas da Laguna; e (ii) o adequado suporte geotécnico da região, uma vez que em outras partes adjacentes havia o predomínio de banhados e dunas.

Naquele período, de acordo com Martins (2022), o processo de expansão urbana da região sofreu avanços e recuos não somente devido às dificuldades fisiográficas, mas também devido à invasão dos espanhóis (1763 a 1776). Esta invasão resultou na transferência da capital da Província, que até então era Rio Grande, para Viamão e, posteriormente, Porto Alegre.

Segundo Vargas e Farinatti (2017), Boff e Machado (2023) e Cariello e Pereira (2024), o transporte das tropas de gado em pé, única opção

de exportação da pecuária gaúcha para o centro do país, era dificultosa devido à distância e aos obstáculos geográficos. Até 1780 a produção da carne seca era destinada somente à subsistência. Mas, devido à localização estratégica da região, entre os Arroios Pelotas e Canal São Gonçalo e próximo aos grandes centros criatórios da fronteira e do porto, houve a intensificação de feitura do charque, o que acabou por modificar intensamente a economia da região (Djenderedjian & Martiren, 2020). Os autores afirmam que o avanço proporcionado pelas charqueadas estimulou a economia regional e urbana, pois se em Pelotas concentrava-se a feitura do charque, era por Rio Grande que este era comercializado para o centro/norte do país. Assim, foi apenas a partir do século XIX que a vila se desenvolveu com intensidade. Neste período, Rio Grande se consolidava como principal centro do comércio e o porto passava a apresentar papel cada vez mais marcante (Matheus, 2021).

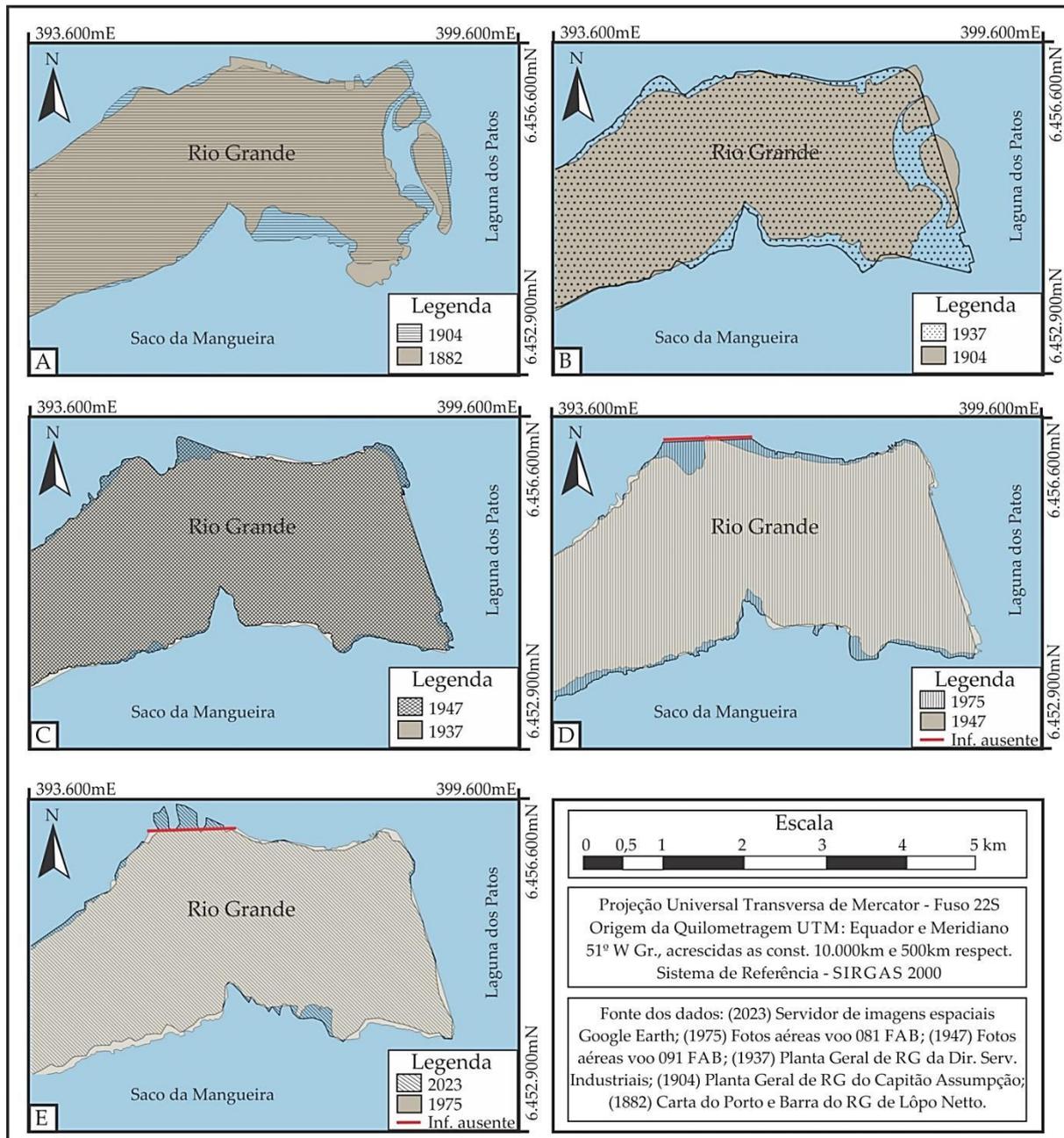


Figura 5. Variação temporal da linha de costa em Rio Grande/RS: (a) comparação entre 1882 e 1904; (b) comparação entre 1904 e 1937; (c) comparação entre 1937 e 1947; (d) comparação entre 1947 e 1975; e (e) comparação entre 1975 e 2023.

De acordo com Copstein (1982), a dragagem e a construção do primeiro porto da cidade, hoje conhecido como Porto Velho (Figura 7a), foram concluídas em 1823, junto ao aterro da rua Nova das Flores, mais tarde rua da Boa Vista e, atualmente, rua Riachuelo, rua paralela à rua da Praia. Segundo o autor, o aterro para a construção da rua Nova das Flores e do porto foi adquirido graças aos entulhos oriundos da destruição do Forte da Vila e com essas alterações, o porto passou a receber embarcações de até 200 toneladas. Esta dragagem do cais permitiu ao porto receber navios

que até então desembarcavam em São José do Norte (Queiroz, 1987). Queiroz (1987) afirma que neste período a vila era formada por seis ruas consideradas principais, que ficavam paralelas ao porto, atravessadas por vários becos estreitos, conforme também ilustra a Figura 7a. A Figura 7b apresenta a região atualmente.

Segundo Lima (2020), o enriquecimento dos estancieiros e charqueadores levaria ao descontentamento com os preços praticados sob tutela do Império. Isto estimulou a rebeldia sulina e culminou com a eclosão da Revolução Farroupilha,

em 1835, a qual buscava a independência do Rio Grande do Sul. Segundo o autor, a região de Rio Grande permaneceu sob domínio imperial durante os dez anos da revolução, o que permitiu ao Império o constante abastecimento de mantimentos e armas às suas tropas e a vila de Rio Grande de São Pedro recebeu a denominação de cidade do Rio Grande. Assim, entende-se que parte do sucesso imperial contra os Farrapos se deu por permanecerem com o controle do porto de Rio Grande, o que destaca, mais uma vez, a relevância deste para a história do município.

Segundo Martins (2022), após o término da Revolução, não houve alterações significativas na divisão econômica das províncias. Assim, as cidades portuárias e distribuidoras de produtos de importação, entre elas Rio Grande, tinham vantagens econômicas. De acordo com Sfredo e Tagliani (2016), em 1872 o cais do porto foi reformado e ampliado para comportar o movimento de cargas que vinha aumentando, graças à

implantação, na década de 1870, da ferrovia gaúcha.

De acordo com Hollmann e Anjos (2023) e Martins (2022), a colonização portuguesa foi uma das mais importantes para a cidade. Entre as contribuições, eles foram os agentes fundadores da Santa Casa de Misericórdia, hoje Associação de Caridade Santa Casa, fundada em 1835. No período de sua fundação, conforme destaca Telles (2011), as calçadas da Santa Casa serviam como cais para pequenas embarcações, conforme ilustra a Figura 8. Atualmente, o hospital está distante mais de 340 m do cais do Centro de Convívio dos Meninos do Mar (CCMar) da FURG, conforme apresentado da Figura 7b. Como a Figura 7a, com representação em 1829, mostra a linha de costa passando imediatamente atrás de onde se localiza a Santa Casa, entende-se que, muito provavelmente, o aterro tenha sido construído naquela região entre 1829 e 1835, data de fundação do hospital.

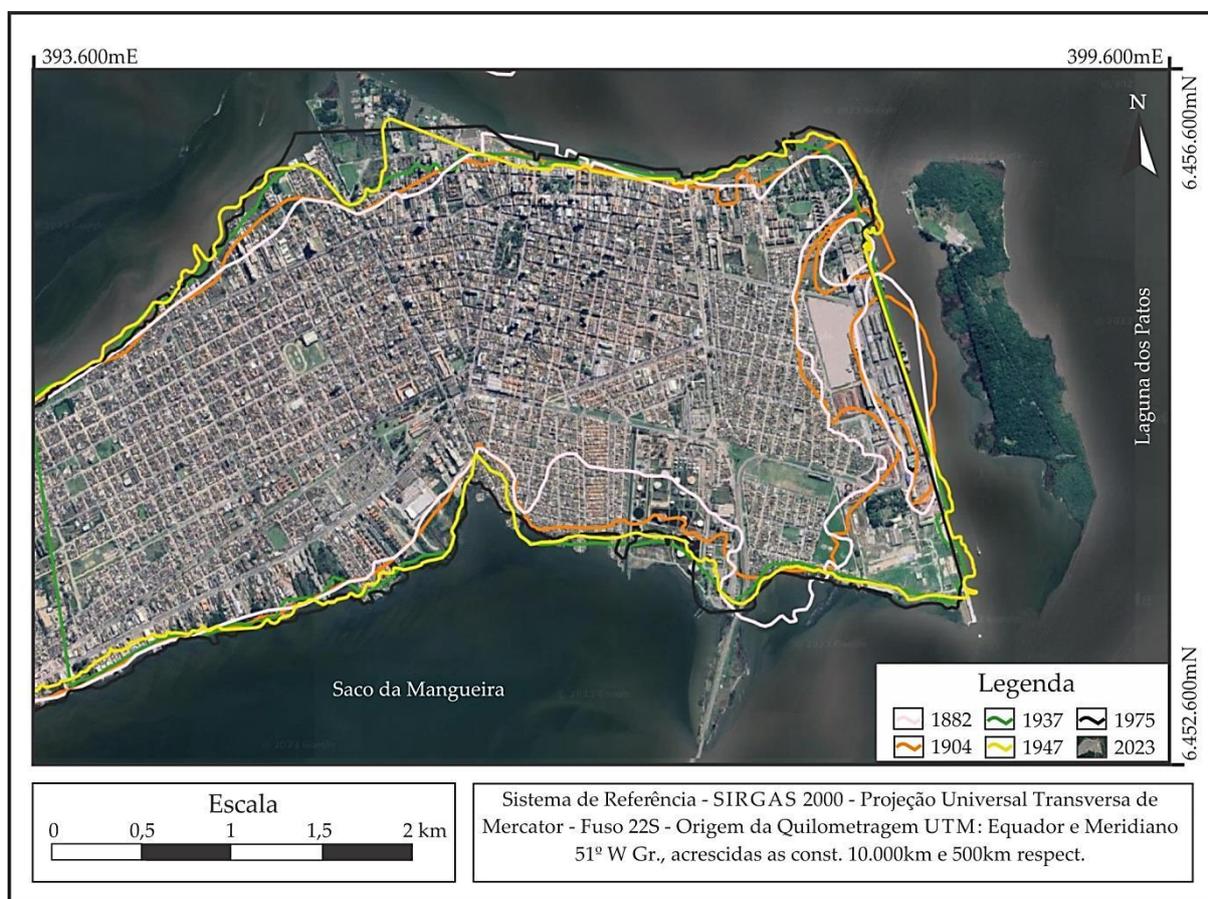


Figura 6. Avanço dos depósitos tecnogênicos em Rio Grande entre 1882 e 2023.

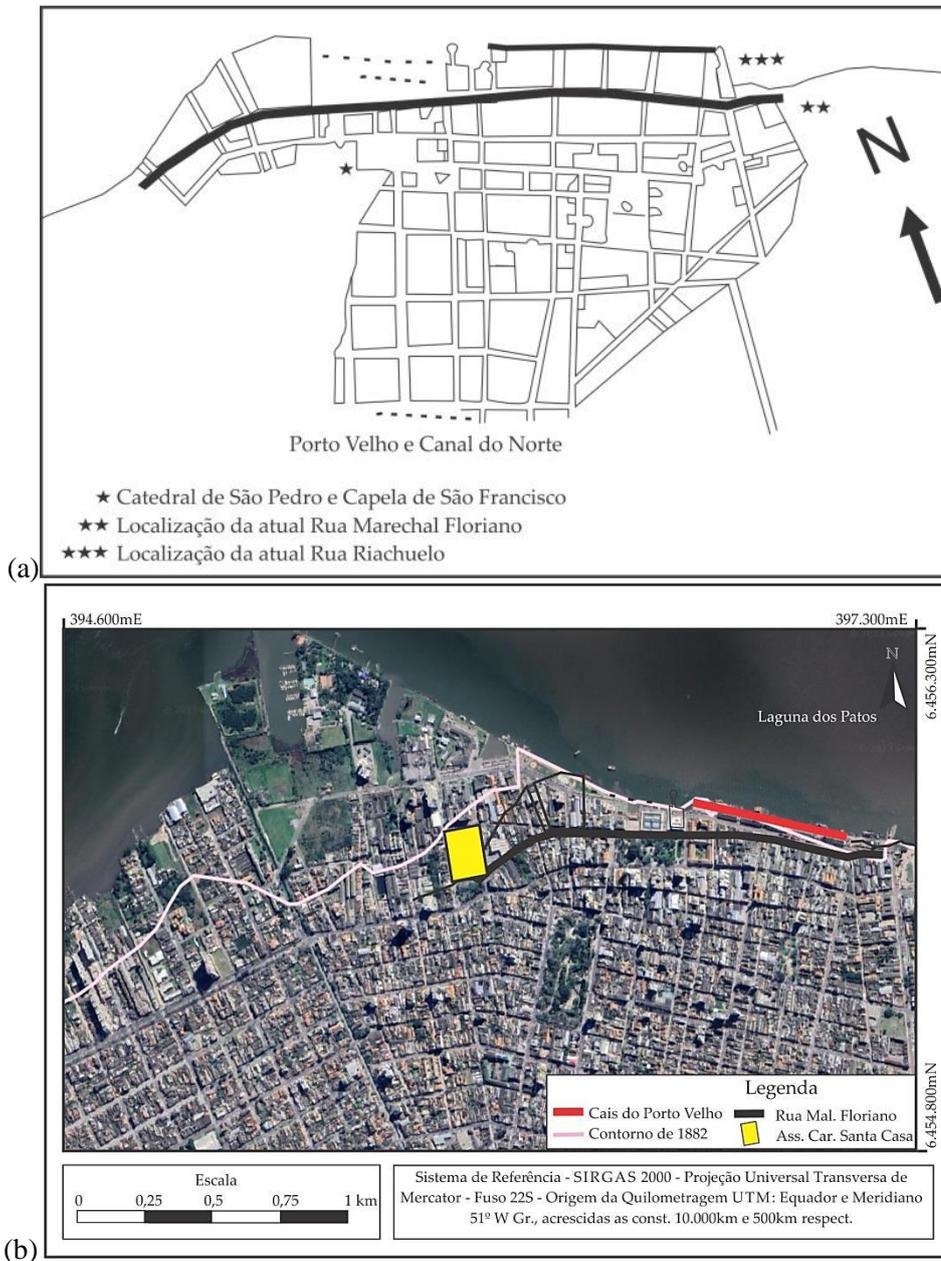


Figura 7. Cais do Porto Velho: (a) em 1829 – adaptado de Queiroz (1987) por Martins (2022); e (b) atualmente.



Figura 8. Associação de Caridade Santa Casa, em 1905.

Apesar do momento de crescimento econômico e populacional vivido pela região ao longo do século XIX, já havia indícios dos problemas vividos pela barra de Rio Grande. Segundo Santos (2022), em 1822, foi confeccionada uma importante carta hidrográfica, a qual orientou ao não acesso pela barra de navios com calado superior a 11 pés. Em 1855, o engenheiro Ricardo José Gomes foi enviado por uma comissão do Ministério da Marinha e seu parecer desaconselhava qualquer obra ou interferência de engenharia para solucionar o problema. Ainda segundo o autor, neste contexto surgem estudos que apontam para a construção de um porto em Torres, litoral norte do estado, mas também as primeiras ideias que remetem à construção dos molhes da barra de Rio Grande, as quais começaram a ganhar impulso com a chegada de Honório Bicalho, em 1883. O início das obras dos molhes ocorreu em 13 de janeiro de 1891. De acordo com Pradel (1979), a obra foi entregue em 1915, com extensão dos molhes leste e oeste de 4,2 e 3,2 km, respectivamente, e calado em torno de 8 m.

De acordo com Salvatori *et al.* (1989), aterros foram formados a leste do centro histórico com o material recuperado do aprofundamento do canal de navegação e estas novas áreas foram limitadas para uso em atividades portuárias. Segundo Santos (2022), apesar de inúmeras discussões relatadas à época, o novo porto, hoje conhecido como Porto Novo, acabou sendo construído a leste da Ilha do Ladino.

Além das alterações na região do Porto Novo, partes significativas do material dragado naquela região foram redirecionadas para a região do Porto Velho. Telles (2011) relata que naquele período começou a implantação do projeto “Caes de Saneamento Norte”, o qual previa a continuidade da linha de cais até a rua Domingos de Almeida, conforme apresentado na Figura 9. O autor ainda destaca que mesmo que o projeto não tenha sido implementado por completo, parte do material de dragagem do canal de acesso do Porto Novo foi utilizado para a expansão daquele território.

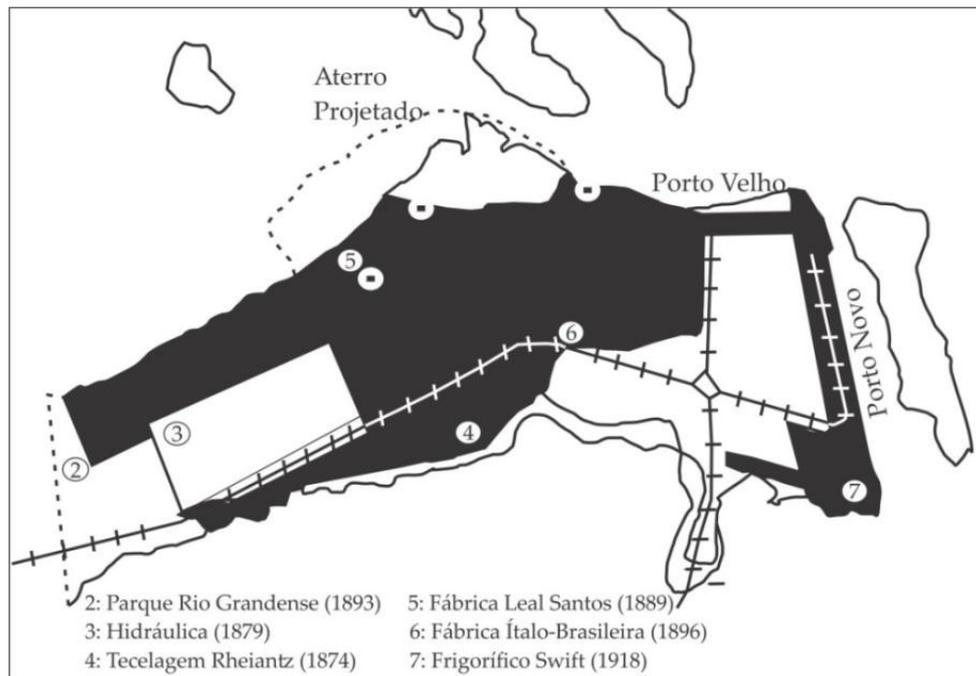


Figura 9. Projeto Cais de Saneamento, adaptado por Telles (2012) de Salvatori *et al.* (1989).

Pires *et al.* (2020) relatam que, em 1912, o próprio Departamento de Limpeza do município utilizou resíduo residencial recolhido na cidade como material de aterro para o prolongamento das ruas Marechal Deodoro e Major Carlos Pinto em direção à Laguna, próximo à região do Porto Velho. Segundo Martins (2022), este período de industrialização da cidade foi até a década de 1950, quando se iniciou uma diminuição no ritmo de

ocupação pela queda de produção nas áreas menos privilegiadas desta região. De acordo com os autores, o processo de industrialização e a falta de mão de obra disponível enfatizaram a desigualdade social já presente no município e, assim, a classe operária foi obrigada a buscar formas alternativas de garantir suas moradias, passando a ocupar áreas alagadiças através da execução de aterros com pneus, entulhos da construção civil e lixo.

Em síntese, observa-se que na região do Porto Velho as primeiras transformações datam do começo da ocupação da região (século XIX) e foram intensificadas pelas deposições das dragagens da construção do hoje conhecido como Porto Novo (século XX). Por sua vez, a região do Porto Novo passou a sofrer alterações antrópicas mais tardiamente, justamente para a construção do novo porto. Além disso, ambas as regiões continuaram sofrendo alterações ao longo do século XX.

Durante a pesquisa sobre a história do município foi encontrada a data de construção de alguns prédios da cidade. Ao todo, foram identificados o ano de construção localização exata de 77 prédios. A Figura 10 compara a localização e o ano de construção destes prédios com as linhas de costa temporais. A Figura 10a ratifica que o início da ocupação da região aconteceu no entorno do Porto Velho. Além disso, os resultados vão ao encontro da evolução temporal das linhas de costa apresentadas anteriormente, uma vez que não há a ocorrência de nenhum prédio em região anterior à linha de costa proposta.

Região Porto Velho

Inicialmente, esta região de análise, localizada na porção norte da cidade, na costa lagunar, abrangia a região do Museu Oceanográfico da FURG até as proximidades da rua Domingos de Almeida e o entorno de Porto Velho. Embora o mapa mais antigo utilizado por este trabalho seja de 1882, sabe-se que a área de expansão dos depósitos tecnogênicos começou a ser conformada antes disso, uma vez que, conforme descrito anteriormente, nesta região houve o aterro para a construção da rua Nova das Flores (rua Riachuelo). Levando em consideração estas informações, a área de depósito tecnogênico nesta região foi ampliada para contemplar a região do Porto Velho e este aterro, justificando a denominação adotada para a mesma. Destaca-se que a imagem aérea de 1975 não contemplava toda

esta região. Devido a isso foi delimitado, em linha tracejada, uma projeção da região daquela época, com base nas datas de fundação do Museu Oceanográfico (1953) e inauguração da nova sede do Yatch Clube Rio Grande (1964).

A Figura 11 mostra a evolução temporal dos depósitos tecnogênicos que aconteceu nesta região. Dias (1993) foi o primeiro trabalho a destacar os perfis de solos e suas características geotécnicas da Região do Porto Velho (onde se tem predominantemente solo fino), diferente das demais regiões da cidade (onde se tem predominantemente solos arenosos). Na verdade, aquele trabalho descreve três regiões com presença de solos finos no município: (i) Região 1 – Superporto e Distrito Industrial; (ii) Região 2 – área compreendida entre o Cais do Porto Novo, entre a rua Duque de Caxias e General Vitorino, e a margem do Saco da Mangueira; e (iii) Região 3, a qual corresponde à região Porto Velho, avaliada por este trabalho. Assim, apreende-se que as três regiões com presença de solos finos são as regiões portuárias da cidade (Superporto, Porto Novo e Porto Velho, respectivamente). Apesar disso, o autor destaca que solos finos superficiais somente são encontrados nas Regiões 2 e 3, as quais são regiões de depósitos tecnogênicos avaliadas por este trabalho. Segundo o autor, estes depósitos que ocorrem junto à margem da Laguna dos Patos (estuário), apresentam espessa camada de solos argilosos, na consistência de vasa, altamente compressíveis, mas drenantes pela presença de finas lentes de areia, de modo que a dissipação das pressões neutras é muito rápida.

Ao todo foram encontrados na literatura três grupos de ensaios CPTu nesta região, totalizando oito ensaios. A Figura 12 apresenta a localização dos ensaios CPTu e sondagens SPT desta região avaliados por este trabalho. Parte das sondagens SPT forma praticamente um alinhamento que foi utilizado para traçar um perfil longitudinal, cuja localização também é identificada na Figura 12.

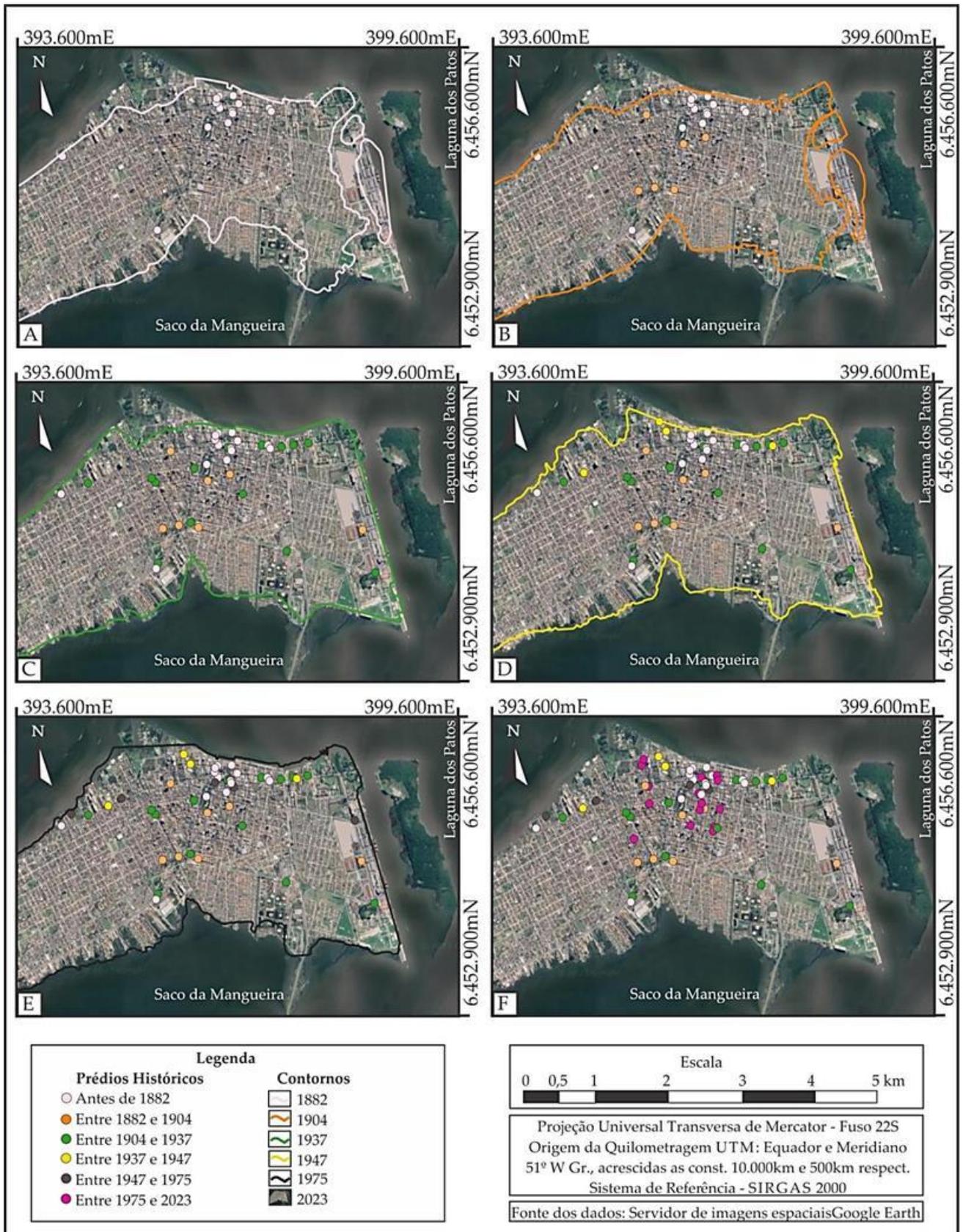


Figura 10. Localização e período de construção de prédios históricos da sede urbana de Rio Grande/RS: (a) anteriores a 1882; (b) anteriores a 1904; (c) anteriores a 1937; (d) anteriores a 1947; (e) anteriores a 1975; e (f) atualmente.

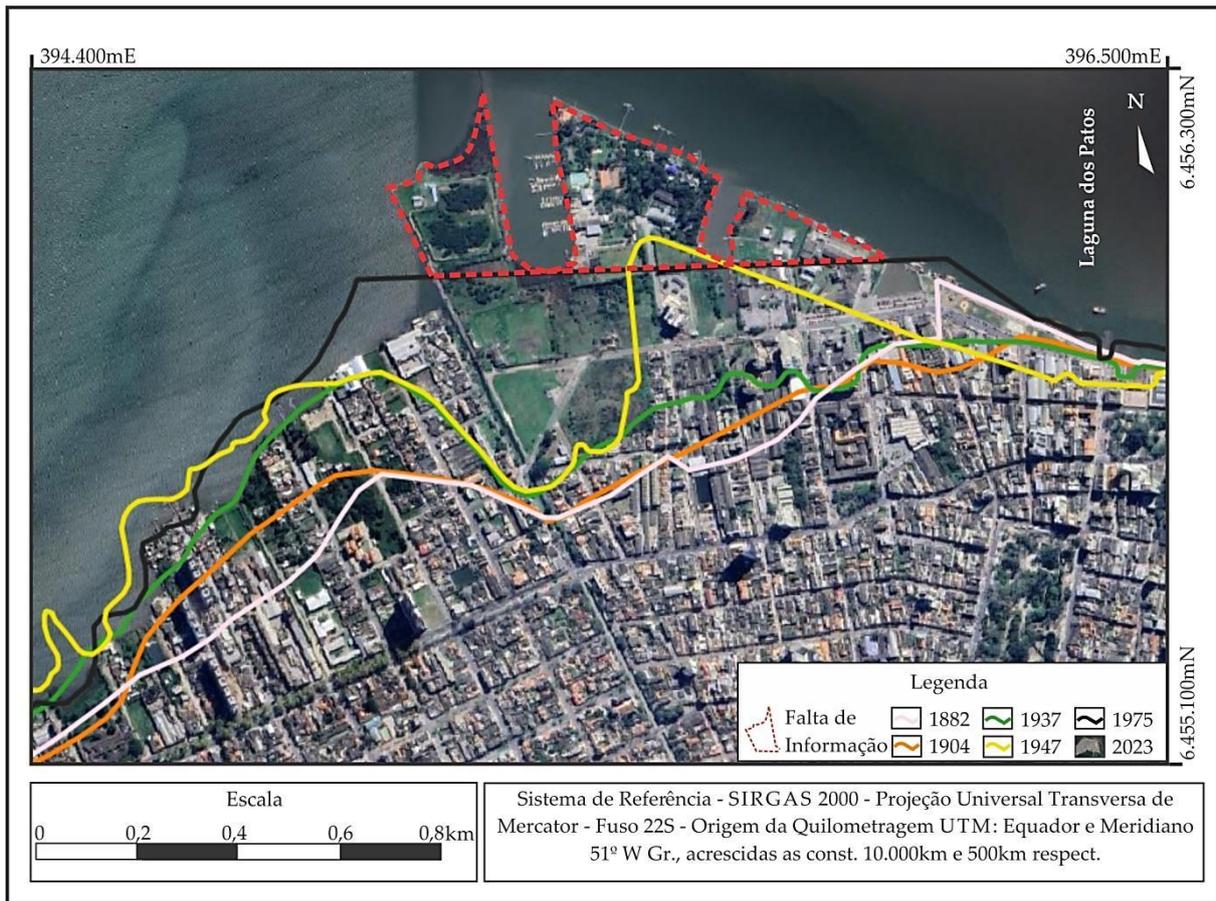


Figura 11. Evolução temporal dos depósitos tecnogênicos na região do Porto Velho.

A interpretação dos relatórios ao longo deste perfil longitudinal foi utilizada para traçar o perfil esquemático dos solos da região, o qual é apresentado na Figura 13. Para a construção do perfil foram agrupados resultados encontrados em seis conjuntos de sondagens, os quais estão distribuídos em cinco áreas e estão indicados com numeração sequencial de 01 a 05.

Os resultados apontam para uma camada superficial de aterro com espessura variando de 0,5 a 3,0 m, o qual se localiza sobre uma camada de argila siltosa mole com presença de conchas e matéria orgânica, de espessura variável entre 0,5 e 10 m. Na região mais próxima ao canaete da rua Major Carlos Pinto ocorrem as maiores espessuras desta camada. Abaixo desta camada ocorre um espesso depósito de areia fina argilosa a pouco siltosa medianamente compacta a compacta, com presença de matéria orgânica. Esta camada ocorre até as profundidades máximas investigadas pelas sondagens.

Os valores dos pesos específicos utilizados para o cálculo das tensões total e efetiva do solo ao longo da profundidade estão apresentados na Tabela 1, onde Prof, refere-se à profundidade e γ

refere-se à peso específico do solo. Com base nestes dados e dados de ensaios CPTu foi realizada a classificação geotécnica do solo ao longo da profundidade com base nos ábacos de Robertson *et al.* (1990). Estes resultados estão apresentados na Figura 14.

Observa-se que a classificação geotécnica com base em resultados de CPTu identifica maior variabilidade das camadas, com lentes classificadas desde solos finos sensíveis a areias com cascalhos (nas profundidades dos aterros, identificadas com sondagens SPT). Apesar desta variabilidade, ocorre uma predominância de solos classificados como misturas de silte, fração granulométrica não identificada pelas sondagens SPT.

Entende-se que esta classificação de misturas de silte provém não necessariamente da distribuição do tamanho dos grãos, mas sim do comportamento geotécnico destes solos, os quais devido à presença de conchas e milimétricas lentes de areia muito fina, apresentam uma maior taxa de dissipação do excesso de propressão. Logo, mesmo com argila (como identificado pelas sondagens SPT), os solos apresentam

comportamento de silte (como identificado pelas sondagens SPT).

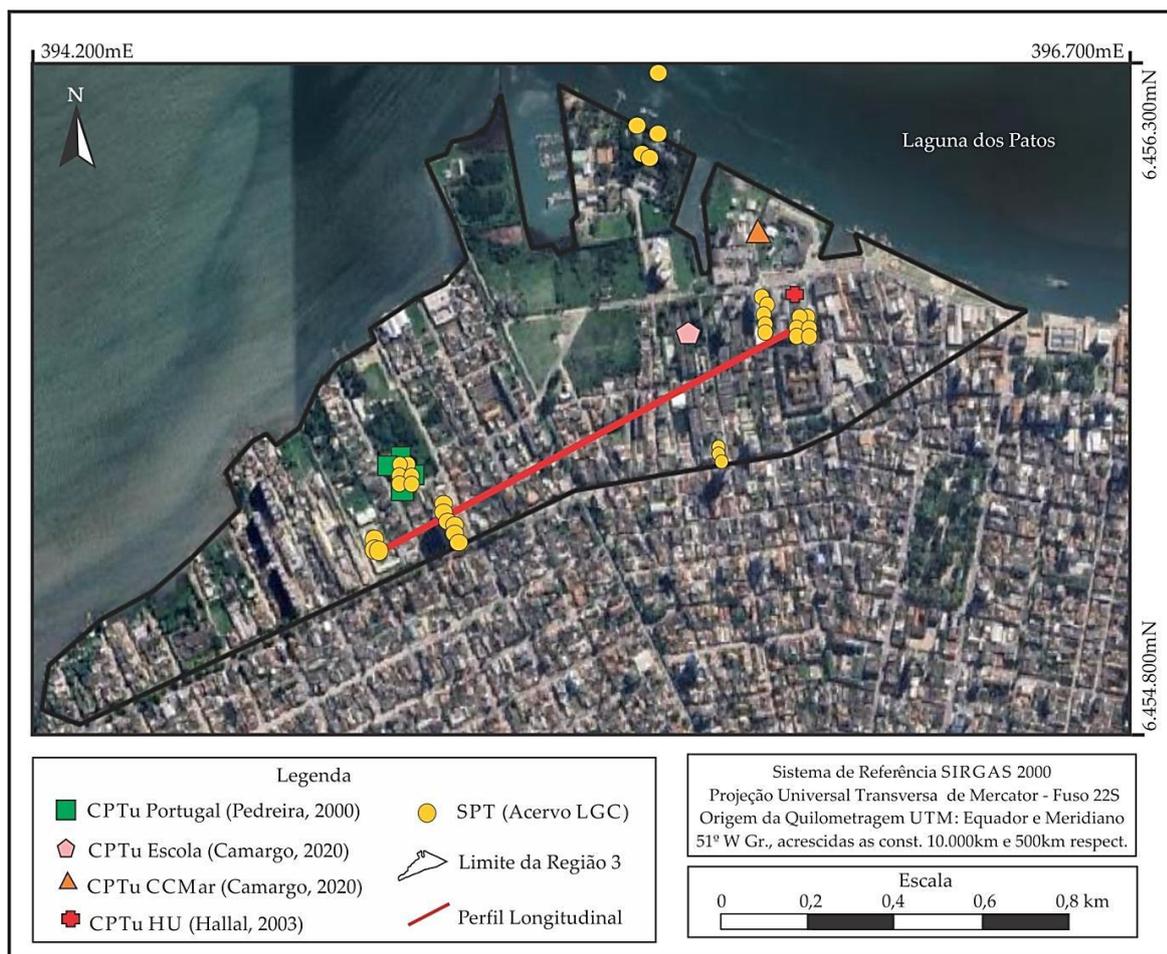


Figura 12. Localização dos ensaios geotécnicos na região do Porto Velho.

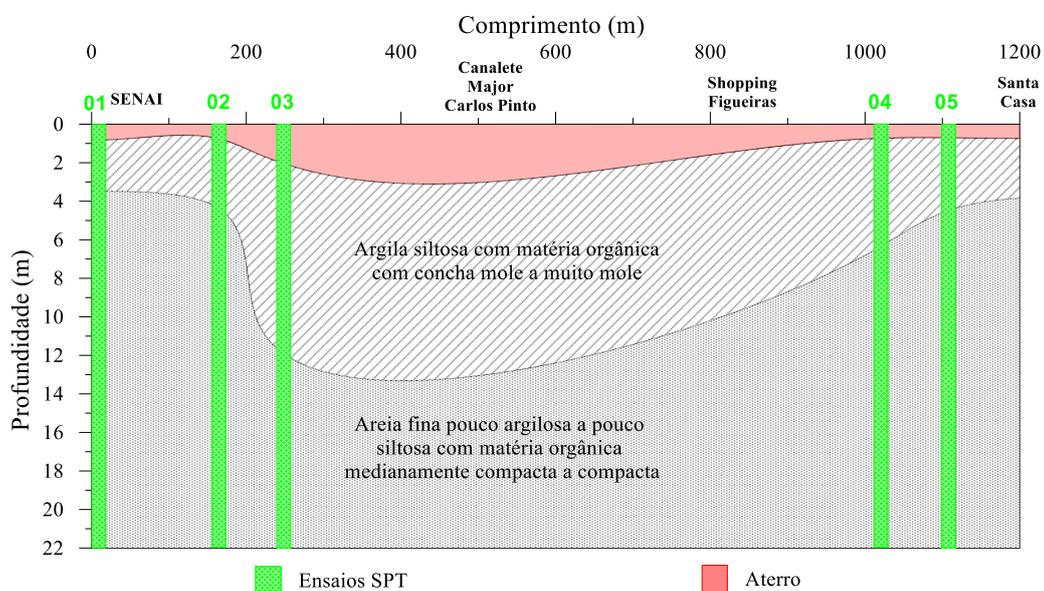


Figura 13. Perfil longitudinal na região do Porto Velho.

Tabela 1. Pesos específicos do solo adotados para a Região Porto Velho.

Local	Prof. (m)	γ (kN/m ³)	Fonte
Portugal	0,0 a 3,0	19,14	Pedreira (2000)
	3,0 a 8,0	16,38	
	> 8,0	13,98	
CCMar	0,0 a 1,8	16,38	Camargo <i>et al.</i> (2020)
	> 1,8	16,06	
Escola	0,0 a 2,6	17,20	Camargo <i>et al.</i> (2020)
	2,6 a 3,0	15,31	
	> 3,0	15,15	
HU	0,0 a 9,0	17,00	Hallal (2003)

Camargo (2020) ratifica esta hipótese ao relatar encontrar conchas (íntegras e fragmentadas) em amostras coletadas no CCMar e Escola Estadual Barão de Cerro Largo – Escola. A autora ainda apresenta resultados de ensaios de dissipação de poropressão realizadas em algumas profundidades dos ensaios CPTu na Escola e CCMar, os quais permitiram a obtenção de coeficientes de adensamento das camadas de solo fino, tanto horizontal quanto verticalmente. Os valores obtidos apresentam uma elevada dispersão (entre $1,20 \times 10^{-6}$ a $9,21 \times 10^{-9}$ m²/s), a qual, provavelmente, está relacionada à elevada heterogeneidade do material causada pelos processos de deposição temporal e constitucional.

Região Porto Novo

A Região Porto Novo localiza-se na área sudeste da península, como mostra a Figura 15, contempla as ruas Duque de Caxias e General Vitorino e margem do Saco da Mangueira e corresponde à Região 2 avaliada por Dias (1993). Segundo o perfil transversal do retroporto, apresentado por Dias e Moraes (1998), nesta região há uma camada de argila siltosa mole entre 2 e 8 m de profundidade, seguida de uma camada de 17 m de espessura de areia fina pouco siltosa medianamente compacta a compacta. Mais profundamente, entre 25 e 36 m de profundidade, há uma camada de argila siltosa, semelhante àquela presente na região do Superporto, compreendida como de formação geológica e amplamente discutida em Bastos (2014), e, por fim, há uma camada de areia compacta até 41 m de profundidade.

Assim, entende-se que a presença de solos finos próximo à superfície se justifica por processos naturais de deposição dos solos finos em

ambiente de água estagnada, como os banhados e pântanos que compunham esta região (Figura 16) e pelos processos antrópicos, os quais permitiram com que hoje essa região seja capaz de suportar geotecnicamente urbanização.

Pedreira *et al.* (2008) afirmam que o depósito encontrado no atual campus do IFRS (Instituto Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Sul), que faz parte desta região, é composto por uma camada de argila mole, onde se destacam os baixos valores de Razão de Sobreadensamento – *Overconsolidation Ratio* (OCR) observados nas profundidades de 3,09 e 3,71 m. Este valores são denotativos de solos em processo de adensamento. Os autores explicam que o comportamento em adensamento (OCR menor que 1) apresentado por esta camada pode ser explicado pela execução de um aterro na região na década de 1970 e que, portanto, ainda não teria sido finalizado o processo de dissipação do excesso de poropressão gerado por esta sobrecarga.

No total, foram inventariados três conjuntos de ensaios CPTu nesta região, os quais são apresentados na Figura 17 juntamente com a localização das sondagens SPT. Mais uma vez, a distribuição das sondagens SPT permitiu definir um alinhamento, cuja direção também está apresentada na Figura 17. A interpretação dos relatórios de sondagens SPT ao longo deste alinhamento foi utilizada para a confecção do perfil longitudinal apresentado na Figura 18. Foram utilizados seis relatórios de sondagens, distribuídas em seis áreas, as quais estão identificadas no perfil com numeração sequencial de 01 a 06. A interpretação destes resultados permitiu inferir que a região com presença de solos moles é um pouco maior do que a apresentada em Dias (1993), conforme Figura 17.

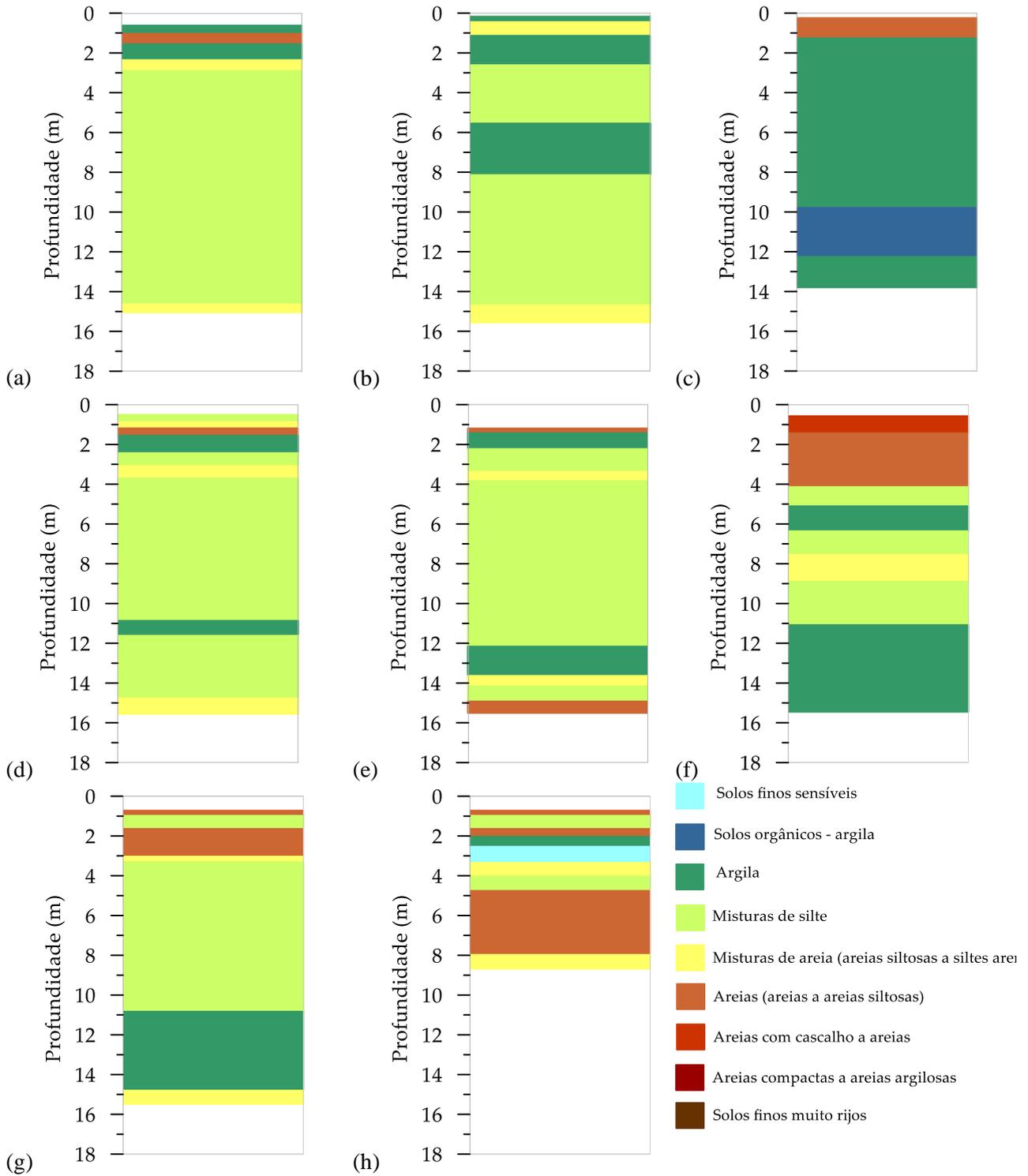


Figura 14. Classificação com base em ensaios CPTu dos solos da Região do Porto Velho: (a) Portugal 01; (b) Portugal 02; (c) Portugal 03; (d) Portugal 04; (e) Portugal 05; (f) HU; (g) CCMar; e (h) Escola.

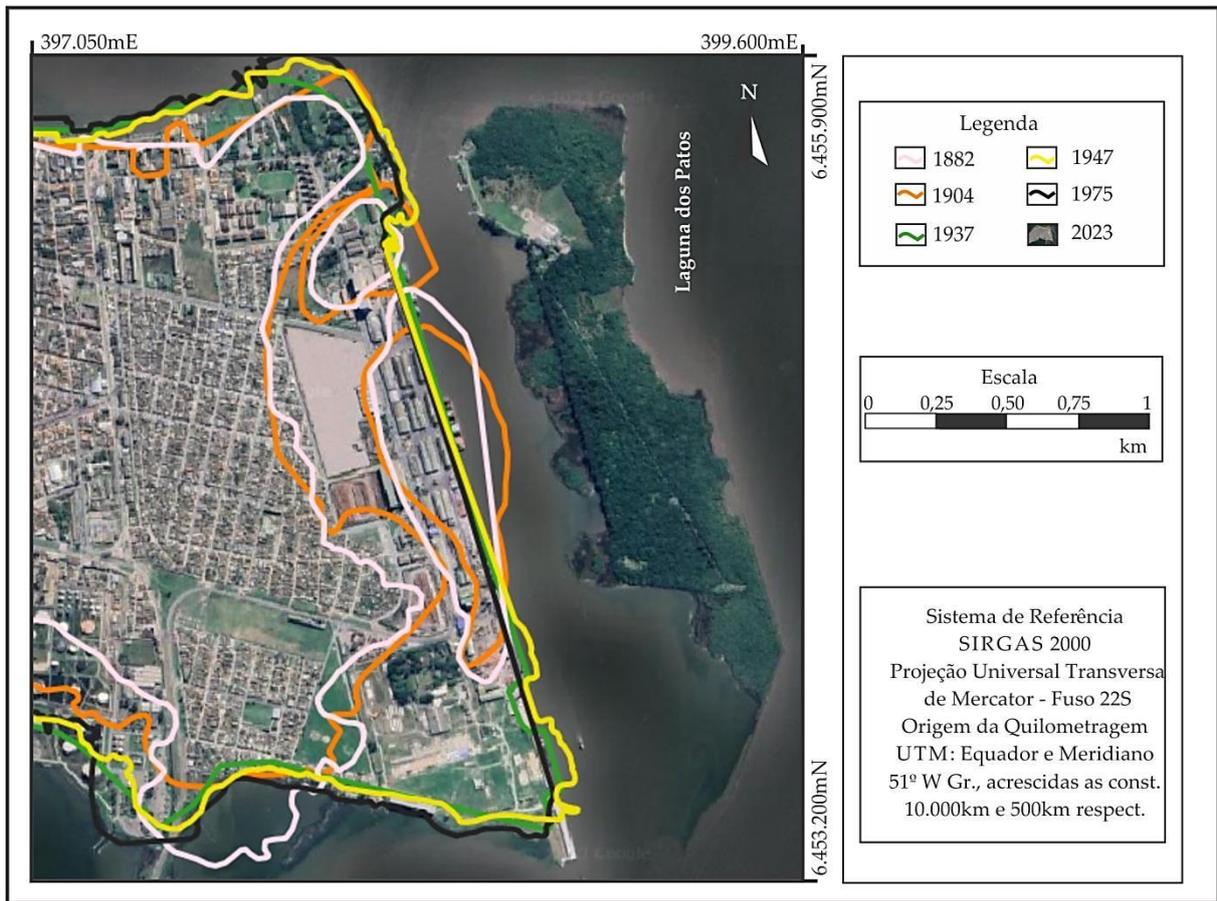


Figura 15. Evolução temporal dos depósitos tecnogênicos na região do Porto Novo.

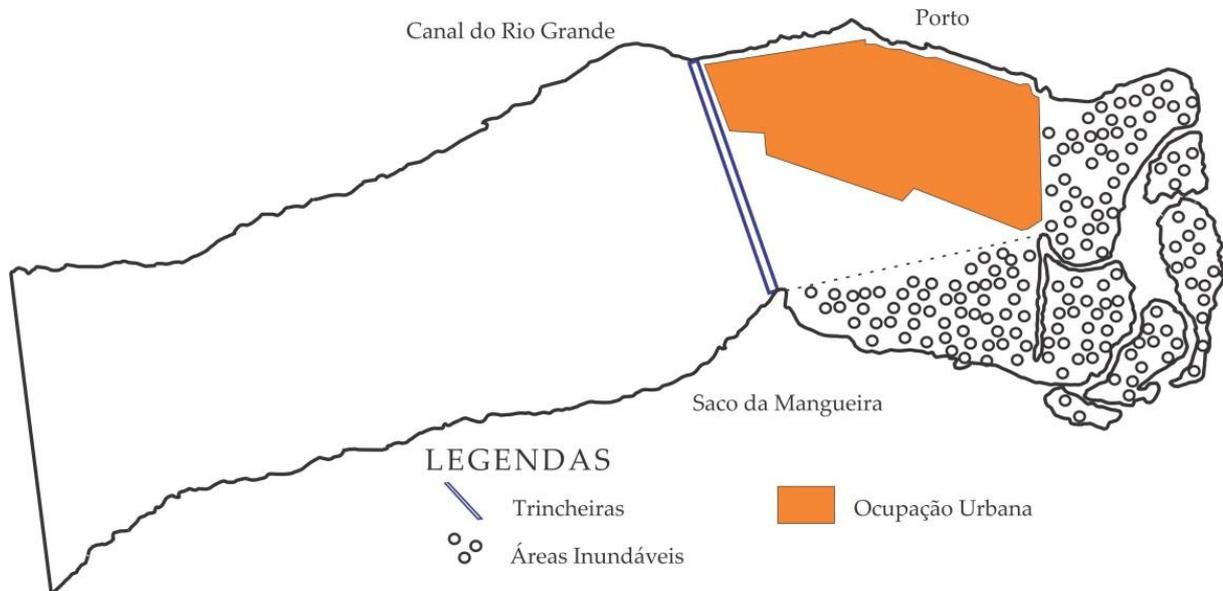


Figura 16. Mapa da cidade do Rio Grande em 1869 (adaptado de Dumith *et al.*, 2008).



Figura 17. Localização dos ensaios geotécnicos na Região do Porto Novo.

Tabela 2. Pesos específicos do solo adotados para a Região Porto Novo.

Local	Prof. (m)	γ (kN/m ³)	Fonte
Helena Small	0 a 2,58	16,00	Dias e Moraes (1998)
	2,60 a 2,88	14,8	Dias (2001)
	2,90 a 2,98	13,6	Dias e Moraes (1998)
	3,00 a 3,28	14,0	Dias (2001)
	3,30 a 6,48	14,2	
> 6,50	14,4		

Em síntese, os resultados apontam para uma camada de aterro até, entorno de, 1 m de profundidade, seguido por uma camada de argila a argila siltosa mole a muito mole, a qual atinge profundidades máximas da ordem de 9 m. Abaixo desta ocorre uma camada de areia fina com concha de fofa a medianamente compacta, com espessura variável entre 3 e 35 m. Na sequência, há uma camada de argila a argila siltosa com matéria orgânica, que também apresenta espessura variável e que é entendida como de formação geológica e que se prolonga até a região do Superporto, onde atinge profundidades máximas da ordem de 40 m. Medeanic *et al.* (2009) descrevem esta camada como oriunda de uma superfície de inundação máxima de um processo de transgressão marinha. Através de ensaios com Carbono 14 realizados com espécimes de palinomorfos, os autores inferiram a idade deste depósito em 4940 ± 80 anos, ratificando ainda tratar-se de um depósito holocênico.

Para o cálculo das tensões ao longo da profundidade dos ensaios CPTu foram utilizados valores de peso específico natural do solo encontrados na bibliografia e que estão detalhados na Tabela 2.

Dois dos ensaios CPTu foram realizados apenas na camada de argila profunda formada exclusivamente por processos geológicos e, por isso, não foram considerados nesta análise, que foca nos depósitos tecnogênicos. Assim, a Figura 19 apresenta a classificação do solo ao longo do ensaio identificado como Helena Small. Observa-se a predominância de solos com comportamento de misturas de silte, com algumas lentes, ora de argila, ora de areia. Este comportamento vai de encontro ao apresentado pelas sondagens SPT,

onde o solo apresenta classificação granulométrica com alternância de areia e argila. Destaca-se, assim, mais uma vez, a diferença observada nos resultados de sondagens SPT e ensaios CPTu. Entende-se que esta diferença, novamente, ocorre pelas heterogeneidades e presença de conchas, as quais conferem uma elevada taxa de dissipação do excesso de poropressão ao solo fino, o que faz com que a análise por ensaios CPTu detecte comportamento siltoso e não argiloso/arenoso,

apesar da composição granulométrica identificada na análise tátil-visual de amostras de sondagens. Coeficientes de adensamento horizontal e vertical encontrados na literatura para esta região (Dias e Moraes, 1998, Pedreira *et al.*, 2008 e Dias, 2001) apresentam valores variando entre $1,13 \times 10^{-6}$ e $8,97 \times 10^{-7}$ m²/s, valores considerados bastante elevados para solos finos e que, mais uma vez, podem ser atribuídos à heterogeneidade temporal e constitucional dos depósitos tecnogênicos.

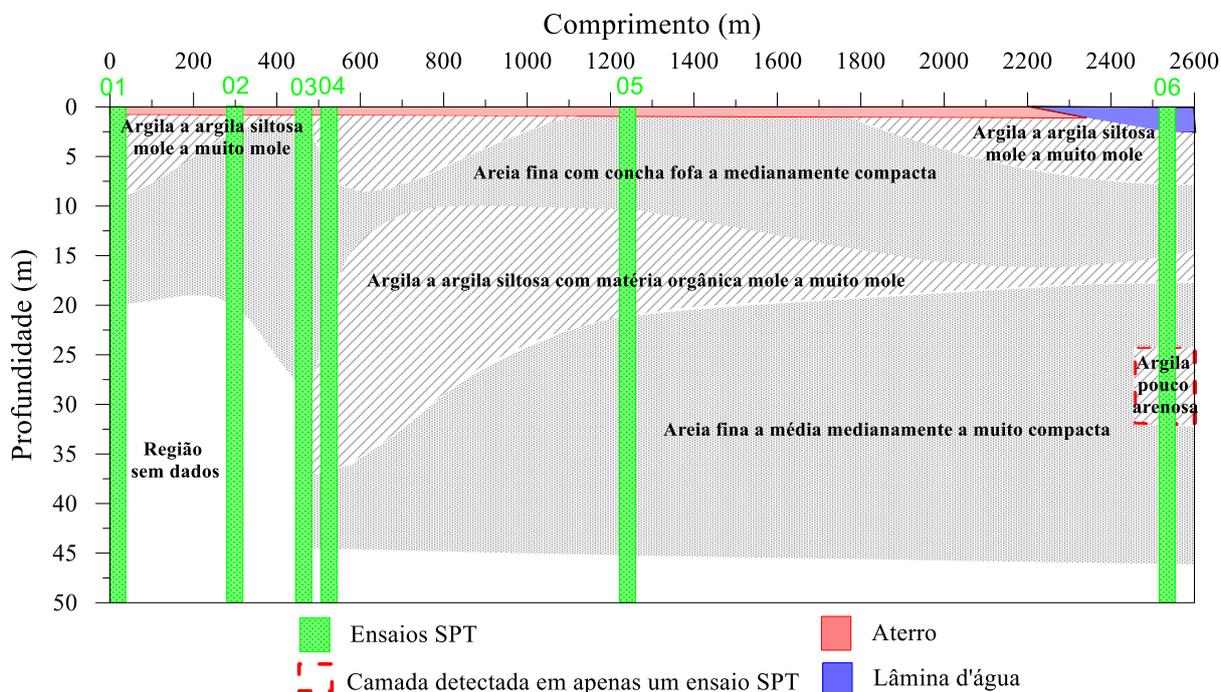


Figura 18. Perfil longitudinal da Região do Porto Novo.

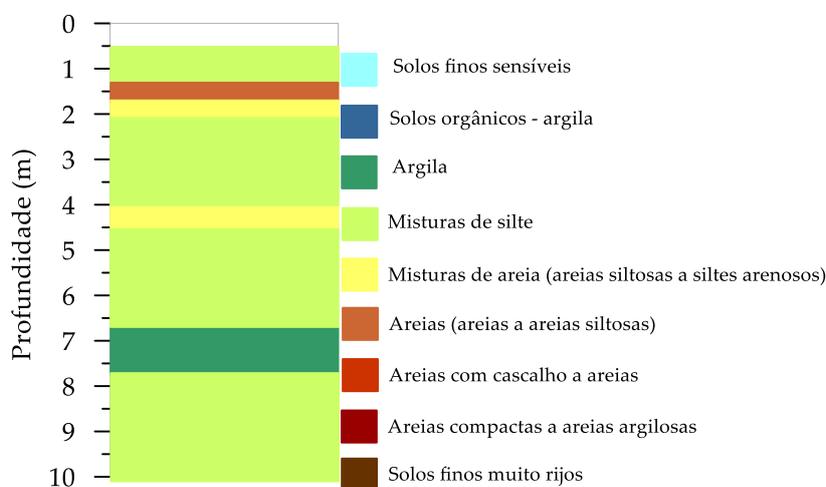


Figura 19. Classificação com base em ensaios CPTu dos solos da Região do Porto Novo.

Assim, com a realização deste trabalho tem-se não somente a avaliação da posição e

evolução temporal dos depósitos tecnogênicos em regiões portuárias do município do Rio Grande,

mas também a avaliação do comportamento geotécnico dos materiais destes dois depósitos, o qual é irrefutavelmente diferente dos solos natural evolução geológica e pedológica encontrados na região. Além disso, demonstra-se as ambiguidades nas classificações obtidas pela análise tátil-visual de amostras de sondagens SPT e pelos ensaios CPTu, evidenciando a necessidade de ensaios de campo complementares e/ou a retirada de amostras para a realização de ensaios geotécnicos laboratoriais para a adequada interpretação dos solos através de ensaios CPTu conforme destacado por Schneider *et al.* (2012), Mayne e Peuchen (2018), Mozzaffari *et al.* (2023), dentre outros. Assim, enfatiza-se com este trabalho a importância de uma abordagem combinada, envolvendo retirada de amostras e estimativas de comportamento, para uma interpretação geotécnica mais precisa.

Conclusões

Rio Grande é um município localizado ao sul da Planície Costeira do estado do Rio Grande do Sul e, justamente por isso, na região há o predomínio de solos granulares litorâneos, especialmente areias quartzosas. Estes solos encontram-se normalmente inconsolidados por serem geologicamente muito jovens e terem sido intensamente retrabalhados durante os processos de transgressão e regressão marinhas ocorridos durante as épocas holocênica e pleistocênica.

Assim, a ocupação humana predominante na cidade ocorreu em uma região de restingas ativas da planície costeira, com presença de dunas, de lençóis de areia, de sequências lagunares e banhados, em região de vegetação campestre pobre e ventos constantes. Entende-se que apesar de todas estas inóspitas condições fisiográficas, a região foi a primeira a ser ocupada pelos portugueses em solo gaúcho por se localizar na desembocadura da Laguna dos Patos para o Oceano Atlântico, na vasta extensão retilínea do sul do Brasil, sendo, portanto, a possibilidade única para a construção de um porto no século XVIII.

O atualmente conhecido como Porto Velho precisou ser construído nas águas mais calmas da Laguna dos Patos, ou seja, na costa lagunar do município, em local em que não havia o adequado suporte geotécnico e, por isso, para a sua construção houve a necessidade de construção de depósitos tecnogênicos (aterros) com os entulhos oriundos da destruição do Forte da Vila, conformando o aterro da rua Nova das Flores, atualmente conhecida como rua Riachuelo, dando

início à primeira região de depósitos tecnogênicos explorada por este trabalho.

Ao longo da história do município, as referidas instalações desempenharam papel primordial na região. Entretanto, no final do século XIX, com a construção do Porto Novo, o Porto Velho perdeu relevância e passou a servir como ancoradouro de pequenas e médias embarcações, descarga de pescado e acesso à hidrovia - papel que desempenha até os dias atuais. Foi neste período de construção do Porto Novo que os maiores depósitos tecnogênicos aconteceram. Além disso, nova fase de depósitos tecnogênicos, com o material dragado do Porto Novo, também ocorreu na região do Porto Velho.

A análise da cartografia histórica apresentada neste trabalho, com base em mapas históricos geodesicamente referenciados com 117 pontos de controle e ratificada pela posição e ano de construção dos prédios históricos da região, vai ao encontro destas informações. A análise demonstra que duas das grandes áreas de depósitos tecnogênicos da cidade do Rio Grande ocorrem justamente no entorno dessas duas estruturas portuárias mais antigas da cidade.

As sondagens SPT apresentadas para a Região do Porto Velho apontam para a presença de uma camada de aterro com espessura variando entre 0,5 e 3,0 metros, a qual se localiza sobre uma camada de argila siltosa mole a muito mole, de espessura variável entre 0,5 e 10 m. Abaixo desta camada ocorre espesso depósito de uma areia fina argilosa a pouco siltosa. Por sua vez, através de ensaios CPTu, observa-se o predomínio de misturas de silte.

Comportamento análogo observa-se para a Região do Porto Novo, na qual as sondagens SPT apontam para uma camada de aterro de, aproximadamente, 1 m, seguido por uma camada de argila a argila siltosa, que atinge profundidades máximas de 9 m. Abaixo desta camada ocorre uma camada de areia fina, com espessura variável entre 3 e 25 m, abaixo da qual há uma camada de argila a argila siltosa, que também apresenta espessura variável e que é compreendida como de formação geológica e que se prolonga até a região do Superporto. A exemplo do Porto Velho, observa-se para os solos superficiais desta região o comportamento predominante de misturas de silte através de ensaios CPTu.

Observa-se que a análise geotécnica dos solos através de sondagens SPT e ensaios CPTu apresenta ambiguidades. Texturalmente, através de amostras de sondagens SPT, identifica-se o predomínio de solos argilosos e arenosos alternados. Por outro lado, através de ensaios CPTu

observa-se o predomínio de misturas de silte. Atribui-se este comportamento à heterogeneidade temporal e composicional dos depósitos tecnogênicos, o que faz com que estes apresentem elevadas taxas de dissipação do excesso de poropressão, as quais revelam comportamento mais drenante ao material e, por isso, pelos ábacos tradicionais para a classificação geotécnica de solos através de ensaios CPTu, os quais levam em consideração o parâmetro B_q , apresentem comportamento de misturas de silte. Esta análise é ratificada pela alta dispersão de resultados de taxas de dissipação do excesso de poropressão encontrada na literatura. Com esta análise, o trabalho enfatiza a importância de uma abordagem combinada, envolvendo retirada de amostras e estimativas de comportamento, para uma interpretação geotécnica mais precisa.

Agradecimentos

Os autores agradecem à ALM – Agência de Desenvolvimento da Lagoa Mirim pela disponibilização das imagens aéreas utilizadas neste trabalho e ao ICHI/FURG pelo empréstimo do equipamento *scanner* planetário.

Referências

- Ashary, R.; Gumilar, I.; Bramanto, B. (2023). Reference System and Accuracy Evaluation of InaCORS RTK and Online Data Processing Services. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, n. 1276. <https://doi.org/10.1088/1755-315/1276/1/012008>
- Asokan, A.; Anitha, J.; Ciobanu, M.; Gabor, A.; Naaji, A.; Hemanth, D. J. (2020). Image processing techniques for analysis of satellite images for historical maps classification – an overview. Applied Sciences, v. 10, n. 12. <https://doi.org/10.3390/app10124207>
- Barroso, V. L. M. (2023). O Rio Grande do Sul dos açorianos: deslocamentos, desafios, conquistas e patrimônios. Revista del CESLA – International Latin American Studies Review, n. 31, p. 49 -68. Disponível em: <https://doi.org/10.36551/2081-1160.2023.31.49-68>.
- Bastos, E. (2014). Evolução e estratigrafia do terreno na região do Superporto do Rio Grande/RS: análise com base em propriedades geotécnicas e variações do nível do mar. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica). Universidade Federal do Rio Grande.
- Barbosa, L. B. S.; Araújo, M. S. (2021). Defender e conquistar: apontamentos para a(s) história(s) dos militares na capitania do Rio Grande (século XVII). Mneme – Revista das Humanidades, v. 22, n. 45. ISSN 1518-3394.
- Barboza, E. G.; Dillenburg, S. R.; Ritter, M. N.; Angulo, R. J.; Silva, A. B.; Rosa, M. L. C. C.; Caron, F., Souza, M. C. 2021. Holocene sea-level changes in southern Brazil based on high-resolution radar stratigraphy. Geosciences, v. 11, n. 8. <https://doi.org/10.3390/geosciences11080326>.
- Beltrán-Iza, E. A.; Noroña-Meza, C. O.; Robayo-Nieto, A. A.; Padilla, O., Toulkeridis, T. (2022). Creation of a Mobile Application for Navigation for a Potential Use of People with Visual Impairment Exercising the NTRIP Protocol. Sustainability, n. 14, v. 24. <https://doi.org/10.3390/su142417027>.
- Boff, R.B.; Machado, E.L. (2023). O transfronteirismo da cultura gaúcha na região do Prata: dos changadores às fronteiras culturais. Revista Informação e Cultura, v. 5, n. 1, 28-49. <https://doi.org/10.21708/issn2674-6549.v5i1a11044.2023>.
- Bruch, A. F.; Cirolini, A.; Thum, A. B., Carneiro, M. (2019). Avaliação da acurácia das cubagens de volumes de mineração através de levantamentos convencionais e fotogramétricos. Revista Brasileira de Geografia Física, n. 12, 283-298. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v12.1.p283-298>.
- Busch, P. O.; Rodrigues, T. L.; Ercolin Filho, L. (2024). Analysis of the influence of different GNSS positioning strategies on RPA trajectory modeling with photogrammetric applications. RAEGA, v. 59, p. 23-42. <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v59i0.94986>.
- Camargo, K. R. (2020). Hidrojateamento em solos finos – ensaios de laboratório e campo. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Camargo, K. R., Alonso, V. V., Retzlaff, A. S., Bastos, C. A. B. (2023a). Sondagens SPT: análise de adequação à NBR 6484 vigente: estudo de caso em um município da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Revista de Engenharia e Tecnologia, v. 15, p. 1. ISSN 2176-7270. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/view/22532/209209218205>. Acesso 10 dez. 2023.
- Camargo, K. R.; Bruch, A. F.; Rodrigues, M. L.; Retzlaff, A. S. (2023b). Impermeabilização de fundo do aterro sanitário de Rio Grande/RS:

- considerações históricas, geológicas e geotécnicas. *Revista Foco*, v. 15, n. 5. <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v16n5-003>.
- Camargo, K. R.; Schnaid, F.; Bastos, C. A. B.; Alves, A. M. L.; Silva, L. L. (2020). Identificação, caracterização geotécnica e determinação de parâmetros de deformabilidade e resistência de dois sítios de solos moles na costa lagunar de Rio Grande/RS. *Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica. Anais...*, p. 8.
- Caramaz, L. A.; Machado, P. J. O. (2023). Uma análise geo-histórica utilizando instrumentos computacionais; a planta da cidade de Juiz de Fora de 1883. *Estudos Geográficos: Revista Eletrônica de Geografia*, n. 23, v. 3, p. 192 – 208. eISSN 1678-698X. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/estgeo/article/view/17912/12961>. Acesso: 22 mar. 2023.
- Cariello, R.; Pereira, T. Z. (2024). Goodbye Mr. Portugal: fiscal crisis, constitutional revolution, and the Independence of Brazil (1808-1822). *The Economic History Review*, n. 77, p. 728 – 749. <https://doi.org/10.1111/ehr.13292>.
- Carneiro, M.; Peroni, R. L.; Bruch, A. F.; Cirolini, A.; Thum, A. B. (2022). New methodology for precise UAV surveys with a Single Ground Control Point. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ*, n. 45, p. 001-012. https://doi.org/10.11137/1982-3908_2022_45_44874.
- Copstein, R. (1982). Evolução urbana de Rio Grande. *Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Rio Grande do Sul*, n. 122, p. 43-68.
- Dias, C. R. R. (1993). Caracterização dos parâmetros geotécnicos do solo sedimentar da cidade do Rio Grande. Resultados de pesquisas sobre argilas moles. *Simpósio Geotécnico em Comemoração aos 30 anos da COPPE. Anais... Rio de Janeiro*.
- Dias, C. R. R. (2001). Os parâmetros geotécnicos e a influência dos eventos geológicos – argilas moles de Rio Grande/RS. *Anais Encontro Propriedades de Argilas Moles Brasileiras, Rio de Janeiro*, v. 1, p. 29 – 49.
- Dias, C. R. R.; Moraes, J. M. (2001). A experiência sobre argilas moles na região do estuário da Laguna dos Patos e Porto do Rio Grande. *Encontro Propriedades de Argilas Moles Brasileiras. Anais... Rio de Janeiro, UFRJ*, p. 179-196.
- Dillenburg, S. R.; Barboza, E. G.; Rosa, M. L. C.; Caron, F.; Sawakuchi, A. O. (2017). The complex prograded Cassino barrier in Southern Brazil: geological and geomorphological evolution and records of climatic, oceanographic and sea-level changes in the last 7-6 ka. *Marine Geology*, v. 390, p. 106-119. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2017.06.007>.
- Djenderedjian, J.; Martiren, J. L. (2020). Consumption baskets and cost of living in southern late colonial Brazil: Rio Grande, 1772-1823. *Revista de Historia Económica – Journal of Iberian and Latin American Economic History*, v. 38, n. 2, p. 279 – 309. <https://doi.org/10.1017/S0212610919000405>.
- D.S.G. – Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro. 2018. Especificação Técnica para a aquisição de dados geoespaciais vetoriais. ET – ADGV 3.0. Brasília.
- Dumith, R. C.; Telles, R. M.; Lucas, L. M. (2008). Modificações geomorfológicas do sítio urbano de Rio Grande (RS), a partir da intensificação do uso e ocupação do solo. *Seminário Latino-Americano e Ibero-Americano de Geografia Física. Anais... Santa Maria*, v. 12, n. 1, p. 2834-2849.
- Fontoura, B. S.; Strieder, A. J.; Corrêa, I. C. S.; Mendes, P. R.; Bruch, A. F.; Cirolini, A. (2024). Gravity fault subsidence and beach ridges progradation in Quinta-Cassino (RS) Coastal Plain, Brazil. *Open Journal of Geology*, v. 14, n. 2. <https://doi.org/10.4236/ojg.2024.142011>.
- Hallal, R. R. (2003). Características dos depósitos de argila mole no estado do Rio Grande do Sul. *Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul*.
- Hollmann, S.; Anjos, M. (2023). Imigração açoriana, percursos e trajetórias de vida nas charqueadas de Pelotas – Rio Grande do Sul. *Revista CEM – Cultura, Espaço e Memória*, n. 16, p. 43 – 61. <https://doi.org/10.21747/2182-1097/cem16a3>.
- Jiayao, W.; Fang, W.; Haowen, Y. (2022). Cartography: its past, present and future. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, v. 51, n. 6. <https://doi.org/10.11947/j.AGCS.2022.20210661>.
- Kainz, W. (2020). Cartography and the others – aspects of a complicated relationship. *Geo-Spatial Information Science*, v. 23, n. 1. <https://doi.org/10.1080/10095020.2020.1718000>.
- Laeta, T.; Fernandes, M. C.; Fernandes, M. G. (2023). A cartografia histórica de Petrópolis e uma análise geográfica sincrônica para o século XIX (1846-1861). *Revista Cartográfica*, n. 106,

- p. 147-168. <https://doi.org/10.35424/rcarto.i106.2121>.
- Lima, L. G.; Dillenburg, S. R.; Buchmann, F. S. D. C.; Parise, C. K. (2020). O significado paleogeográfico das turfeiras costeiras do Rio Grande do Sul. *Revista Geociências*, v. 39, n. 2, p. 393 – 410. ISSN: 1980-900X. <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/250200>.
- Lima, L. G.; Parise, C. K. (2020). A evolução morfológica e estratigráfica de uma barreira transgressiva/regressiva na planície costeira do Rio Grande do Sul. *Geosciences = Geociências*, v. 39, n. 3, 709-725. <https://doi.org/10.5016/geociencias.v39i03.14450>.
- Lima, P. C. (2020). Separatismo ou não-separatismo? Diferentes ênfases e concepções historiográficas acerca da Revolução Farroupilha. *Revista Temporalidades*, v. 12, n. 2, p. 509-529. ISSN 1984-6150. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/temporalidades/article/view/20777/19983>. Acesso: 30 mai. 2024.
- Martins, S. F. (2022). Cidade do Rio Grande: industrializações e urbanidade (1873-1990). Rio Grande: Ed. FURG. 232 p.
- Mayne, P.W; Peuchen, J. (2018). Evaluation of CPTu Nkt cone fator for undrained shear strength of clays. *Cone Penetration Testing*, p. 423-429. ISBN 978-1-138-58449-5.
- Matheus, M. S. (2021). Slavery and godparenthood in an Atlnti port city (Rio Grande, 1780-1850). *Tempo – Revista do Departamento de História da UFF*, v. 27, n. 2, p. 383 – 405. Disponível em: <https://www.historia.uff.br/tempo/> Acesso: 22 mai. 2024.
- Maximo-Pereira, M.; Souza, P.V. S.; Lourenço, A. B. (2021). Mapas conceituais e a elaboração de conhecimento científico na história da Ciência: algumas aproximações teóricas. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 27. <https://doi.org/10.1590/1516-731320210017>
- Medeanic, S.; Torgan, L. C.; Clerot, L. C. P., Santos, C.B. (2009). Holocene Marine Transgression in the Coastal Plain of Rio Grande do Sul, Brazil: Palynomorph and diatom evidence. *Journal of Coastal Research*, v. 251, p. 224-23. <https://doi.org/10.2112/07-0935.1>.
- Mozaffari, M.; Ghafghzai, M. (2023). Material-specific interpretation of the state parameter from drained cone penetration test. *Canadian Geotechnical Journal*. <https://doi.org/10.1139/cgj-2022-0490>.
- Moura, N. S. V. (2022). Mapeamento geomorfológico da planície e terras baixas costeiras do estado do Rio Grande do Sul. *Espaço Aberto*, v. 12, n. 2. <https://doi.org/10.36403/espacoaberto.2022.54584>.
- Nascimento, E. A.; Barboza, E. G.; Reginato, P. A.; Rosa, M. L. C. C.; Barili, R. (2023). O fluxo de água subterrânea no sistema aquífero costeiro associado aos depósitos eólicos holocênicos na região do Cassino/RS. *Revista Águas Subterrâneas*, v. 37, n. 3. <https://doi.org/10.14295/ras.v37i3.30202>
- Nery, O. S.; Ferreira, M. L; M. (2023). Caminho fabril: percurso entre memórias do trabalho e patrimônios industriais (Rio Grande/RS). *História e Cultura*, v. 12, n. 1. <https://doi.org/10.18223/hiscult.v12i1.3830>
- Oliveira, U. R.; Simões, R. S.; Calliari, L. J.; Gautério, B.C. (2019). Erosão de dunas sob ação de um evento extremo de alta energia de ondas na costa central e sul do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 20, n. 1. <https://doi.org/10.20502/rbg.v20i1.1352>.
- Oliveira, U. R.; Simões, R. S.; Porto, F. S.; Caminha, E. S.; Calliari, L. J.; Romeu, M. A. R. (2020). Análise da dinâmica praias após a deposição de lama em 2014 na praia do Cassino (RS, Brasil) utilizando aeronave remotamente controlada. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 21, n. 3. <https://doi.org/10.20502/rbg.v21i3.1462>.
- Pradel, A. (1979). Histórico da Barra do Rio Grande: comemorando os 135 anos da fundação da Câmara do Comércio.
- Pedreira, C. L. S. (2000). Uso de material de rejeito como fundação e solos compressíveis: caso de obra. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Pedreira, C. L. S.; Dias, C. R. R.; Bastos, C. A. B.; Schnaid, F.; Fagundes, D. F. (2008). Investigação geotécnica das argilas moles de Rio Grande, Rio Grande do Sul. Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica. Anais... Rio de Janeiro: COBRAMSEG 2008.
- Pereira, F. G. N.; Duarte, D. G.; Carvalho, P. J.; Santos, A. C. B.; Ferreira, L. L.; Melo, I. C. (2023). A cartografia contando uma história: uma análise de Brumadinho/MG. *Revista Tamoios*, v. 19, n. 1. <https://doi.org/10.12957/tamoios.2023.71567>.
- Pires, M. C. C.; Reis, I. S.; Torres, L. H.; Maier, E. (2020). Cartografia histórica da cidade do Rio Grande/RS: expansão urbana entre 1737 e 2017. *Revista Brasileira de Geografia Física*, n. 2619

- 13, p. 1756-1777. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.4.p1756-1777>.
- Queiroz, M. L. B. (1987). A Fundação do Presídio e Colônia do Rio Grande de São Pedro. *Biblos – Revista do Instituto de Ciências Humanas e da Informação*, v. 2, p. 55 – 90.
- Robertson, P. K. (1990). Estimating in-situ soil permeability from CPT & CPTu. *Anais... 2nd International Symposium on Cone Penetration Testing Proceedings. Proceedings... Huntington Beach, CA, USA*.
- Robertson, P. K. (2016). Cone penetration test (CPT)-based soil behavior type (SBT) classification system – an update. *Canadian Geotechnical Journal*, v. 53, n. 12, p. 1910 – 1927. <https://doi.org/10.1139/cgj-2016-0044>.
- Rocha, A. G. B.; Rocha, R. B. (2020). A cartografia ao longo da história da humanidade: importância e avanços técnicos. *Revista Ensino em Perspectivas*, v. 2, n. 2, p. 1 – 17. 2017. ISSN: 2675-9144.
- Rocha, M. X.; Rosa, M. L. C. C. (2022). Variabilidade morfodinâmica de deltas lagunares holocênicos do litoral norte do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 22, n. 2. <https://doi.org/10.20502/rbg.v22i2.1838>.
- Salvatori, E.; Habiaga, L. A. G. P.; Thormann, M. C. (1989). Crescimento horizontal da cidade do Rio Grande. *Revista Brasileira de Geografia*, v. 51, n.1, p. 27-71, jan-mar.
- Santos, K. *Sonhos de pedra*. Editora Cabrion. 2022.
- Sato, S. E.; Bonilha, G. I. (2020). Análise da dinâmica temporal do uso e cobertura da terra como subsídio ao planejamento do município de Rio Grande-RS. *Revista GeoUECE*, v. 9, n. 16, p. 165-180. <https://doi.org/10.59040/GEOUECE.2317-028X.v9.n16.165-180>.
- Schneider, J. A.; Hotstream, J. M.; Mayne, P. W.; Randolph, M. F. (2012). Comparing CPTu and Q-Du₂ / s²_{v0} soil classification charts. *Geotéchnique Letters*, v. 2, n. 4, p. 209-215.
- Scott, D. (2017). A população do Rio Grande de São Pedro pelos mapas populacionais de 1780 a 1810. *Revista Brasileira de Estudos de População*, Belo Horizonte, v. 34, n. 3, p. 617-633. [10.20947/S0102-3098a0035](https://doi.org/10.20947/S0102-3098a0035).
- Sfredo, G. A.; Tagliani, C. R. A. (2016). Análise das modificações ambientais decorrentes da ocupação urbana em Rio Grande, RS, entre 1947 e 2014, por meio de um Sistema de Informações Geográficas. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 38, 2016. <https://doi.org/10.5380/dma.v38i0.46902>.
- Telles, R. M. (2011). A evolução geomorfológica de Rio Grande: um contraste de dois tempos. *Cadernos do Núcleo de Análises Urbanas*, v. 5, n. 1, p. 1 – 20.
- Um, I.; Park, S.; Kim, H. T.; Kim, H. (2020). Configuring RTK-GPS architecture for system redundancy in multi-drone operations. *Sécial section od Advanced Communications and Networking Techniques ofr Wireless Connected Intelligent Robot Swarms*. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2989276>.
- Valente, D. S. M.; Momin, A.; Grift, T.; Hansen, A. (2020) Accuracy and precision evaluation of two low-cost RTK global navigation satellite systems. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 168. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105142>.
- Vargas, J. M.; Farinatti, L. A. (2017). Alargados horizontes: estratégias familiares da elite política regional entre a fronteira, a corte e a Europa (Rio Grande do Sul C. 1983 – C. 18/55). *Locus: Revista de História*, v. 23, n. 1. <https://doi.org/10.34019/2594-8296.2017.v23.20845>.
- Villwock, B. J.; Nicolodi, J. L.; Calliari, L. J. (2021). Potencialidade de utilização da ilha do terrapleno de lesta para a disposição de sedimentos dragados do porto de Rio Grande, Brasil. *Pesquisas em Geociências*, v. 48, n. 3. Disponível em: <https://doi.org/10.22456/1807-9806.106479>
- Villwock, B. J.; Tomazelli, L. J. (2022). Holocene coastal evolution in Rio Grande do Sul, Brazil. *Quaternary and South America and Antartica Peninsula*, 283-296. Taylor & Francis Group.
- Zeybek, M. (2021). Accuracy assessment of direct georeferencing UAV images with onboard global navigation satellite system and comparison of CORS/RTK surveying methods. *Measurement Science and Technology*, v. 32. <https://doi.org/10.1088/1361-6501/abf25d>.