



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE  
**GEOMORFOLOGIA**

## **CARTOGRAFIA DAS MORFOGÊNESES DO RELEVO APLICADA AO ORDENAMENTO TERRITORIAL NA ÁREA DO PERÍMETRO URBANO DE PELOTAS/ RS**

Moisés Ortemar Rehbein <sup>1</sup>  
Isaac Tailque Papini de Brito <sup>2</sup>  
Nina Simone Vilaverde Moura <sup>3</sup>  
Adriano Luis Heck Simon <sup>4</sup>

### **RESUMO**

O estudo evidencia a importância da análise das diferentes morfogêneses de relevo no perímetro urbano de Pelotas — situado no sul do estado do Rio Grande do Sul (RS), às margens da Lagoa dos Patos e do Canal São Gonçalo — como subsídio fundamental para o ordenamento territorial em um contexto de mudanças climáticas. A pesquisa adota como base teórico-metodológica as fundamentações de Ross (1992), priorizando o mapeamento geomorfológico associado à gênese e à cronologia das formas, o quarto táxon do relevo na proposta do autor. Os procedimentos operacionais envolvem a) Revisões bibliográficas; b) Reconhecimentos de campo; e c) Atividades de laboratório, tendo como importante plano de informação cartográfica o Modelo Digital de Terreno (resolução espacial de 5 metros) resultante da interpolação de dados tridimensionais de nuvem de pontos gerada por tecnologia LiDAR, com acurácia vertical de  $\pm 5$  a 15 cm. A cidade de Pelotas está inserida em relevos da Bacia Sedimentar de Pelotas e da Planície e Terras Baixas Costeiras do RS, formados a partir do Quaternário e condicionados por ciclos transgressivos e regressivos do mar. O levantamento identificou onze unidades morfológicas, agrupadas em formas pleistocênicas — colinas colúvio-aluvionares, terraços colúvio-aluvionar, lagunar, praias eólicas, flúvio-lagunar e dunas — e formas holocênicas — terraço lagunar e planícies paludiais, fluviais, lagunar, e flúvio-lagunar. A formação dos relevos pleistocênicos resulta de erosão fluvial, lacustre e lagunar, que se desenvolveu a partir de superfícies de contato entre os diferentes materiais deposicionais, atrelada às oscilações do nível de base da rede de drenagem costeira. Esse processo originou descontinuidades clinográficas no relevo, expressas por superfícies de taludes e de diferentes patamares altimétricos. A formação dos relevos holocênicos ocorre, principalmente, em função da oscilação do nível freático, extravasamento periódico dos cursos d'água e processos deposicionais. Essas superfícies de acumulação abrangem os leitos maior e excepcional dos cursos d'água e são conhecidas como planícies de inundação. Nessas morfogêneses de relevo os riscos de ocupação são agravados pela crescente impermeabilização urbana do solo. A expansão urbana sobre essas áreas, quando justificada pela adoção de sistemas de contenção, revela-se inconsistente, tanto diante da intensificação dos eventos extremos de precipitação, quanto em função da iminente elevação do nível de base regional da rede de drenagem. De acordo com as previsões de elevação do nível do mar, por compensação hidrostática, as planícies da área de estudo tendem a se tornar superfícies permanentemente

---

Este artigo contempla resultados do projeto de pesquisa “Mapeamento Geomorfológico do município de Pelotas (RS/ Brasil).

<sup>1</sup> Prof. Dr. do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Pelotas - UFPel, [moises.rehbein@ufpel.edu.br](mailto:moises.rehbein@ufpel.edu.br)

<sup>2</sup> Grad. do Curso de Geografia da Universidade Federal de Pelotas - UFPel, [isaacpapini@gmail.com](mailto:isaacpapini@gmail.com)

<sup>3</sup> Profa. Dra. do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, [nina.moura@ufrgs.br](mailto:nina.moura@ufrgs.br)

<sup>4</sup> Prof. Dr. do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Pelotas - UFPel, [adrianosimon@gmail.com](mailto:adrianosimon@gmail.com)



alagadas. Assim, reforça-se a necessidade de reconhecer os ambientes naturais remanescentes sobre essas planícies como unidades prioritárias para a preservação e conservação. Essas formas de relevo foram modeladas espaço-temporalmente ao longo do Quaternário para acomodar as inundações associadas às mudanças climáticas. Por sua vez, os relevos pleistocênicos, representados por colinas e terraços, apresentam características geomorfológicas favoráveis à expansão urbana. Essas unidades de relevo possuem superfícies relativamente planas, de cotas altimétricas mais elevadas, terrenos estáveis e concentram vazios urbanos. O estudo reforça a importância da implementação de políticas públicas de ordenamento territorial que incorporem o relevo como elemento estruturante, promovendo resiliência para a cidade de Pelotas frente aos riscos hidrológicos e geológicos intensificados pelas mudanças climáticas.

## INTRODUÇÃO

O Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2019) projeta a elevação do nível médio global do mar nas próximas décadas como consequência das emissões de gases de efeito estufa, alertando para os riscos associados a esse fenômeno. No sul do Brasil, estudos regionais, como o de Marengo et al. (2021), apontam que esse processo tende a ser agravado pelo aumento da frequência de eventos climáticos extremos. No Rio Grande do Sul (RS), destacam-se como áreas vulneráveis aos impactos socioambientais da elevação do mar e aos eventos extremos as superfícies da planície e terras baixas costeiras (MOURA, 2022). Nesses relevos, nos ambientes urbanos, a combinação de chuvas intensas com a elevação abrupta dos níveis dos cursos d'água tem provocado colapsos recorrentes nos sistemas de drenagem, afetando amplos contingentes populacionais. É o caso de Pelotas no RS, cidade localizada às margens da Lagoa dos Patos e do Canal São Gonçalo, onde 22.341 domicílios particulares permanentes foram diretamente impactados pelas inundações associadas à emergência climática registrada no estado em maio de 2024 (IBGE, 2024).

Diante desses fatos, torna-se imperativo planejar e implementar medidas eficazes de adaptação e resiliência urbana. Entre essas medidas, destacamos nesse estudo a adoção do relevo como elemento-chave para o ordenamento territorial, sobretudo, por meio da compreensão das suas morfogêneses. Especialmente nas zonas costeiras, as origens e formas do relevo são indicadores de episódios pretéritos de avanço e recuo do mar, elas são registros das mudanças climáticas e ambientais do passado. Compreender a evolução das formas de relevo, sobretudo ao longo do Quaternário, revelam preciosas informações frente aos desafios socioambientais contemporâneos e futuros, subsidiando políticas assertivas de ordenamento territorial.

Além de mapear e analisar, sob a perspectiva da gênese, as diferentes formas de relevo no perímetro urbano de Pelotas (RS), este estudo identifica as morfogêneses



naturalmente suscetíveis a alagamentos, inundações e movimentos de massa que, quando ocupadas, configuram áreas de risco hidrológico e geológico. No contexto das mudanças climáticas em curso e de seus impactos regionais, o estudo também questiona a eficácia das medidas de controle e proteção contra inundações adotadas até o momento. Por fim, propõe soluções baseadas nas características geomorfológicas da área, indicando as morfogêneses de relevo mais adequadas e seguras para a expansão urbana.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo adota como pressupostos teórico-metodológicos as definições taxonômicas do relevo para o mapeamento geomorfológico propostas por Ross (1992). A investigação desenvolve-se na perspectiva da inventariação e da cartografia das formas de relevo, com ênfase em suas particularidades morfochronogenéticas, correspondentes ao quarto nível taxonômico da proposta do autor. Complementarmente, os trabalhos de Silva e Rehbein (2018), Moura (2022) e Pizzutti e Rehbein (2024), as quais, pesquisas precursoras deste estudo, orientaram na definição dos Planos de Informações (PIs) elementares (Quadro 1) e dos procedimentos operacionais.

**Quadro 1:** Planos de informações

Plano de Informação		Fonte
V E T O R	Morfologia do relevo e hidrografia do perímetro urbano de Pelotas (compatível com a escala de 1:25.000).	Pizzutti e Rehbein (2024)
	Macrodrenagem, sistema viário e perímetro urbano (compatível com a escala de 1:25.000).	PMP (2018, 2020, 2022); SEMA/RS (2018)
	Litoestratigrafia. Folha: SH.22-Y-D-IV; Pelotas (1:100.000).	CPRM (2019)
R A S T E R	Modelo Digital de Elevação - MDE / SRTM (~30m).	USGS (2018)
	Modelo Digital de Terreno – MDT (05 m). Resultante da interpolação de dados tridimensionais provenientes da nuvem de pontos gerada por tecnologia LiDAR (Light Detection and Ranging). Acurácia vertical: ± 5 a 15 cm.	Xavier (2017)

Elaboração: os autores.

A equipe reprojeteu, quando necessário, todos os PIs para o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000), fuso UTM 22S. As edições vetoriais foram feitas com o programa QGIS, versão 3.22.9. Os procedimentos operacionais



envolveram três principais frentes de atuação: a) Revisões bibliográficas; b) Reconhecimentos de campo; e c) Atividades de laboratório.

As a) Revisões bibliográficas contemplaram leituras sobre a evolução morfoestrutural e morfoescultural do relevo de inserção da área de estudo. Os b) Reconhecimentos de campo foram realizados em etapas prévias e concomitantes às atividades de laboratório, com o objetivo de identificar e validar informações. Essas atividades envolveram análises táteis e visuais de formações superficiais, morfologias de relevo, usos e coberturas da terra, além de registros fotográficos e aferição de coordenadas e altitudes dos pontos de visada correspondentes aos registros. As incursões ocorreram em diferentes datas entre os anos de 2020 e 2025. As c) Atividades de laboratório, desenvolvidas no Laboratório de Geotecnologias Aplicadas ao Ensino de Geografia da UFPel, consistiram na construção de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) a partir dos PIs listados no Quadro 1. O objetivo foi realizar a edição vetorial das morfologias de relevo associadas as distintas litoestratigrafias, possibilitando a cartografia das diferentes morfocronogêneses do modelado da área estudada.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **O Arcabouço Geológico-Geomorfológico Regional**

A área do perímetro urbano de Pelotas está situada sobre relevos associados ao desenvolvimento da Bacia Sedimentar de Pelotas (unidade morfoestrutural) e das Planícies e Terras Baixas Costeiras (unidade morfoescultural) do estado do RS (MOURA, 2022). A Bacia de Pelotas é classificada como uma bacia marginal aberta, formada sobre a borda continental e a crosta oceânica. Estende-se por áreas do sul da margem continental brasileira — abrangendo os estados de Santa Catarina (a partir do Alto de Florianópolis) e do Rio Grande do Sul — e pelo norte da margem continental uruguaia, até o Alto de Polônio. A bacia compreende tanto superfícies emersas quanto, em sua maior parte, superfícies submersas (CORRÊA et al., 2019).

A constituição da Bacia Sedimentar de Pelotas está fortemente relacionada ao processo de rifteamento do supercontinente Gondwana e à abertura do Oceano Atlântico Sul, ocorridos no Cretáceo Inferior. Seu embasamento é composto por diferentes associações petrotectônicas pré-cambrianas, pertencentes ao Escudo Sul-Rio-Grandense e Uruguaio, bem como por sequências sedimentares e vulcânicas das eras Paleozoica e Mesozoica, relacionadas à Bacia do Paraná (CORRÊA et al., 2019).



A evolução litoestratigráfica da Bacia de Pelotas é marcada por diferentes estágios, descritos por Bueno et al. (2007) como supersequências: Paleozoica-Mesozoica, Pré-Rifte, Rifte, Pós-Rifte e Drifte (esta última subdividida em sequências plataformal, transgressiva e regressiva). Esses estágios refletem a evolução tectono-sedimentar da bacia, caracterizada por tectônica extensiva, subsidência crustal, formação de grabens e half-grabens, além de intensa sedimentação, predominantemente marinha.

Conforme Corrêa et al. (2019), a Bacia de Pelotas é estruturalmente composta por uma porção profunda, na qual o embasamento se encontra até 10.000 m, e uma porção rasa, onde o embasamento ocorre entre 0 e aproximadamente 2.500 m. De modo geral, os sedimentos depositados na bacia têm como principais áreas-fonte as rochas ígneo-metamórficas do Escudo Sul-Riograndense e Uruguiaio, além das rochas vulcano-sedimentares da Bacia do Paraná.

A denudação das unidades morfoestruturais do relevo situadas a oeste da Bacia Marginal de Pelotas deu origem a fácies sedimentares predominantemente clásticas terrígenas, que se acumularam ao longo da zona costeira durante o Cenozoico, como resultado de processos atuantes em diversos ambientes de sedimentação (CORRÊA et al., 2019). Esses depósitos contribuíram, especialmente no Quaternário, para a configuração da morfoescultura das Planícies e Terras Baixas Costeiras do estado do Rio Grande do Sul (MOURA, 2022).

As Planícies e Terras Baixas Costeiras constituem a porção superficial da Bacia Marginal de Pelotas, além de representarem a mais ampla planície costeira do território brasileiro, alcançando, em alguns setores, mais de 100 km de largura. Essas superfícies desenvolveram-se a partir de um extenso sistema de leques aluviais (que nas fácies proximais englobam o retrabalhamento de depósitos de tálus e cones de dejetção) e do acréscimo lateral de quatro sistemas deposicionais do tipo 'Laguna-Barreira'. A formação das barreiras está relacionada aos máximos transgressivos marinhos ocorridos durante os principais ciclos glácio-eustáticos do Quaternário, os quais condicionaram a formação de ambientes flúvio-lacustres e lagunares, como do canal São Gonçalo, da lagoa Mirim e da lagoa dos Patos (VILLWOCK; TOMAZELLI, 2000).

### **As Diferentes Morfogêneses de Relevo no Perímetro Urbano de Pelotas**

O estudo identificou onze unidades morfológicas de relevo na zona urbana de Pelotas, distintas em termos de gênese e cronologia. Essas unidades agrupam-se em dois



conjuntos principais: formas pleistocênicas, associadas aos sistemas deposicionais Laguna-Barreira II e III, cujos picos transgressivos marinhos possuem idades absolutas estimadas em aproximadamente 325 ka e 120 ka, respectivamente; e formas holocênicas, vinculadas ao sistema deposicional da Barreira IV, cujo pico transgressivo máximo ocorreu há cerca de 5 ka, atingindo altitudes de aproximadamente 5 m acima do nível do mar atual na região (VILLWOCK; TOMAZELLI, 2000).

As formas pleistocênicas, associadas ao sistema deposicional Barreira II, compreendem as seguintes unidades morfogenéticas de relevo: colinas colúvio-aluvionares, terraço colúvio-aluvionar, terraço lagunar, terraço praial-eólico e dunas fitoestabilizadas. Já as unidades relacionadas ao sistema Barreira III correspondem ao terraço flúvio-lagunar.

As formas holocênicas, por sua vez, vinculadas ao sistema deposicional da Barreira IV, englobam: terraço lagunar, planície flúvio-lagunar, planícies fluviais, planícies paludiais e planície lagunar.

### **Os Relevos Pleistocênicos**

Durante o Pleistoceno, os ciclos de transgressão e regressão marinha, associados à reorganização e à variação do nível de base da rede de drenagem, promoveram alterações nos níveis freáticos e nas competências dos cursos e corpos d'água continentais, resultando no retrabalhamento dos sistemas de leques aluviais, incluindo depósitos de tálus e cones de dejetão. Como consequência, a morfologia em leque deixou de ser claramente reconhecível, uma vez que suas fácies passaram a se distribuir em rampas suaves, devido à coalescência, ao retrabalhamento e à erosão dos depósitos (TOMAZELLI; VILLWOCK, 2000). Esses processos, impulsionados por alternâncias entre períodos de maior aridez e resfriamento climático e períodos de maior umidade e aquecimento, culminaram, na área atualmente correspondente ao perímetro urbano de Pelotas, na formação de vertentes de colinas, dois patamares de terraços e dunas.

As colinas distinguem-se visualmente na paisagem por sutis descontinuidades clinográficas, possivelmente condicionadas pela influência do embasamento de ortognaisses granodioríticos na morfologia das vertentes. No entanto, tratam-se de formas de relevo originadas pelo retrabalhamento de rampas formadas por depósitos colúvio-aluvionares sobre essas litologias, modeladas por processos plúvio-fluviais atuantes ao



longo do Quaternário. Por essa razão, foram classificadas como colinas colúvio-aluvionares.

Essas colinas se localizam na porção oeste do perímetro urbano, apresentando-se como segmentos de baixas vertentes, com perfis suave convexos e notórios comprimentos de rampa. Suas superfícies possuem inclinações predominantemente inferiores a 3%, podendo atingir valores de até 5%, situando-se, em geral, entre as cotas altimétricas de 25 a 45 metros. As colinas ocupam aproximadamente 5,50 km<sup>2</sup> ou 3% da área do perímetro urbano (PIZZUTTI; REHBEIN, 2024).

Por sua vez, os terraços correspondem a superfícies que indicam patamares altimétricos remanescentes de antigos ambientes deposicionais, como os colúvio-aluvionares, lagunares, praias-eólicos e flúvio-lagunares. A formação dessas unidades de relevo resulta da atuação da erosão fluvial, lacustre e lagunar, que se desenvolveu a partir das superfícies de contato entre esses diferentes materiais deposicionais, atrelada as oscilações do nível de base da rede de drenagem ao longo do Quaternário. Esse processo deu origem a descontinuidades clinográficas no relevo, expressas por superfícies de taludes, formando superfícies intercaladas de diferentes patamares altimétricos.

As variações no nível de base da drenagem — ora marcadas pela elevação do nível freático e dos cursos d'água, ora pelo seu rebaixamento — desencadearam diferentes processos erosivos. Nos períodos de elevação, houve a intensificação da erosão lateral (ou marginal), resultando no recuo das superfícies de taludes. Já nas fases de rebaixamento, acompanhadas pelo aumento de competências hidrodinâmicas, favoreceu-se a ocorrência de erosão regressiva (ou vertical), com o conseqüente aprofundamento de talvegues e a formação de patamares altimétricos adjacentes. Na área do perímetro urbano, são possíveis de se identificar até dois níveis distintos de terraços.

A influência dos cursos d'água na evolução das superfícies em terraços é evidente ao se analisarem suas características morfológicas e distribuição espacial. Observa-se que as superfícies dos terraços colúvio-aluvionar e lagunar tornam-se progressivamente mais estreitas no sentido jusante dos arroios Moreira-Fragata, Santa Bárbara, Pelotas e do Canal São Gonçalo. Além disso, as variações nos níveis da Lagoa Fragata e da Lagoa dos Patos contribuíram para processos de abração e formação de taludes nos terraços colúvio-aluvionar, lagunar e praias-eólico. Já o terraço flúvio-lagunar resulta do aumento da competência fluvial e do aprofundamento do talvegue do arroio Pelotas.



Distribuídos em todas as direções dentro do perímetro urbano, embora com maior predominância na direção norte, os terraços caracterizam-se por superfícies amplas e predominantemente planas, com declividades geralmente inferiores a 3%. Eles são delimitados por rupturas de aclave em relação às colinas e dunas, e de declive em relação às planícies, formando dois degraus compostos por taludes e patamares em diferentes níveis altimétricos: o nível I, com altitudes predominantes entre 5 e 10 metros, e o nível II, entre 10 e 25 metros. Ao todo, os terraços ocupam 132 km<sup>2</sup>, o que equivale a 65% da área do perímetro urbano (PIZZUTTI; REHBEIN, 2024).

No Terraço Praial Eólico, observa-se a presença de um campo de dunas originado por processos eólicos. Conforme Tomazelli et al. (2007), após eventos de transgressão marinha, a subsequente regressão do nível do mar, aliada a condições climáticas mais áridas e à redução da cobertura vegetal, promoveu a exposição de depósitos arenosos — notadamente os da unidade Barreira II —, propiciando seu retrabalhamento pelo vento. Esse processo culminou na mobilização e acumulação de areia, formando sistemas dunares ao longo da planície costeira do RS. Com o retorno de um clima mais úmido e o reestabelecimento da cobertura vegetal, essas dunas passaram por um processo de fitoestabilização, tornando-se estacionárias.

Localizadas na porção leste da área, as dunas ocorrem a partir de rupturas clinográficas em aclives sobre as superfícies de terraços. Essas formas constituem rampas de declividades e altitudes, predominantemente, entre os 3 a 6% e os 15 a 20 m, ocupando uma extensão de 0,58 km<sup>2</sup> do perímetro urbano (PIZZUTTI; REHBEIN, 2024).

### **Os Relevos Holocênicos**

No auge da última Transgressão Pós-Glacial, ocorrida há cerca de 5 ka, o nível relativo do mar atingiu entre 4 e 5 m acima do nível atual na região costeira em estudo. Esse nível eustático favoreceu a formação de uma nova barreira transgressiva, a Barreira IV. Como consequência, o ambiente de retrobarreira — delimitado entre essa nova barreira e os depósitos pleistocênicos associados à Barreira III — passou a ser ocupado por extensos sistemas lagunares, restabelecendo-se, assim, o sistema lagunar Patos-Mirim. Posteriormente, a queda do nível relativo do mar que sucedeu o nível máximo holocênico, marcando uma fase regressiva, favoreceu o desenvolvimento de uma barreira progradante (VILLWOCK; TOMAZELLI, 2000).



Os processos geomorfológicos, alterando-se entre deposição e subsequente erosão, associados a esse último ciclo transgressivo-regressivo, parecem ser a explicação para formação das superfícies em terraços associadas aos depósitos lagunares holocênicos mapeados e descritos pela CPRM (2019). O material siltoso e argiloso sobre parte dos depósitos praias eólicos da Barreira II indica o avanço do corpo lagunar no último máximo transgressivo. Após um período de sedimentação, na fase regressiva, com rebaixamento do nível relativo do mar e o reposicionamento da superfície lagunar aos níveis atuais, redefinem-se, mais uma vez, as morfogêneses do relevo.

O desenvolvimento de duas feições prográdicas no corpo lagunar — barras e pontais, identificadas toponimicamente como Pontal da Feitoria e da Barra, localizadas, respectivamente, nas confluências da laguna dos Patos com a Lagoa Pequena e com o Canal São Gonçalo — condicionou a formação de uma reentrância na linha de costa lagunar no município de Pelotas, conhecida como Saco do Laranjal. Essa configuração favoreceu o estabelecimento de segmentos de orla diferenciados, submetidos a dinâmicas contrastantes de abração e deposição.

Nos setores dominados por processos de abração, a atuação combinada de correntes de fluxos, ondas de curto período e os progressivos nivelamentos da superfície lagunar — associados à regressão marinha holocênica — promoveu a erosão por solapamento dos depósitos de margem, resultando na formação de novos taludes e que na atualidade podem atingir amplitudes superiores a 4 m em determinados trechos, como no Balneário dos Prazeres. Através da análise de parâmetros morfométricos de perfis praias e da variação da linha de costa entre os anos de 1980 e 1995, Fischer e Calliari (2011) observaram alto índice de mobilidade praias e taxas erosivas de 1,04 m/ ano nesse segmento da orla lagunar. Enchentes e inundações lagunares, especialmente quando associadas a eventos hidrometeorológicos extremos, como o ocorrido na emergência climática de 2024 no RS, aceleram a evolução dessas feições. A partir desses taludes, definem-se as superfícies do mais recente terraço lagunar formado na área do perímetro urbano de Pelotas.

Adjacentes aos terraços, os depósitos lagunares holocênicos também são observados nas morfogêneses em planícies. Em muitas delas, em associação à depósitos lacustres (da lagoa do Fragata), aluviais (do baixo curso dos arroios Morreira-Fragata, Santa Bárbara, Pepino e Pelotas) e de turfas (de áreas úmidas). Elementarmente, os terraços evoluem a partir do desenvolvimento das planícies e vice-versa.



As planícies do arroio Santa Bárbara e do arroio Pelotas desenvolveram-se sobre superfícies de contato entre diferentes depósitos sedimentares. A planície do arroio Santa Bárbara evoluiu a partir da intersecção entre formações colúvio-aluvionares e lagunares, enquanto a do arroio Pelotas resultou da associação entre depósitos lagunares e formações praias eólicas. Neste último caso, os depósitos praias eólicos (da Barreira II) também condicionaram a orientação do escoamento de jusante do arroio Pelotas, que passa de leste para sul até a confluência com o Canal São Gonçalo, onde se institui a sua foz. Em ambas as planícies, a evolução ocorre a partir do estabelecimento de traçados fluviais sinuosos e do deslocamento lateral dos canais, por vezes, com a formação de meandros.

As planícies formam-se a partir da oscilação do nível freático, do extravasamento sazonal ou periódico dos cursos d'água, e da atuação de processos deposicionais de natureza lacustre, aluvial, lagunar e paludial. Essas superfícies de acumulação abrangem os leitos maior e excepcional da rede de drenagem e são conhecidas como planícies de inundação da Lagoa e do arroio Fragata, arroio Santa Bárbara, arroio Pepino, arroio Pelotas, Canal São Gonçalo e da Laguna dos Patos.

Nas planícies associadas ao Canal São Gonçalo e à Laguna dos Patos, respectivamente, desenvolvem-se duas feições geomorfológicas de destacado interesse turístico na região: o Pontal da Barra e a Praia do Laranjal. O Pontal configura-se como uma feição progradante e emergente, que evolui perpendicularmente e de modo concomitante à formação de barras deposicionais alinhadas à margem de sotavento do Canal São Gonçalo, no exutório com a Laguna dos Patos. Essa morfologia resulta da interação entre as variações da maré, os processos hidrodinâmicos característicos de zonas de confluência, a ação dos ventos e a geração de ondas. Esses fatores favorecem, nesse setor, a redução da competência dos fluxos flúvio-lagunares, promovendo, ocasionalmente, sua inversão, a acumulação de sedimentos e a subsequente formação de barras arenosas.

Processos hidrogeomorfológicos análogos e correlacionados contribuem para a formação da Praia do Laranjal. Os estudos de Fischer e Calliari (2011), a partir da obtenção de dados morfodinâmicos e morfológicos da linha de costa, revelaram indícios de acresção, estabilidade e um baixo índice de mobilidade praias. A Praia do Laranjal configura-se como um indicador da evolução da planície lagunar. O desenvolvimento das barras arenosas do Pontal, impulsionado pelas hidrodinâmicas na confluência entre o canal e a laguna, durante a formação das superfícies da planície flúvio-lagunar,



condicionou o estabelecimento de uma reentrância na linha de costa lagunar — a qual, por sua vez, intensifica os processos agradacionais nesse setor.

As planícies paludiais, enquanto isso, formam-se a partir da acumulação de sedimentos finos (silto-argilosos) e materiais biogênicos, como depósitos de turfa, em superfícies deprimidas e com drenagem deficiente, caracterizadas pela presença constante ou periódica de água. Essa condição favorece o desenvolvimento de ambientes úmidos, regionalmente conhecidos como banhados. A morfogênese dessas planícies é condicionada pelo nível freático raso, frequentemente aflorante, e pela ocorrência de inundações sazonais. Estão associadas a processos de colmatção parcial ou total de corpos d'água, como antigas lagoas e meandros abandonados no baixo curso da rede de drenagem.

As planícies são superfícies de contato, através de aclives (rupturas clinográficas), com as demais formas de relevo da área. Caracterizam-se por serem planiformes, com declividades inferiores a 3% e altitudes que não ultrapassam os 10 metros, predominando os valores entre 3 e 6 metros. Estas superfícies se expandem principalmente nas porções Sul e Leste da área urbana, em associação ao aumento da capacidade flúvio-lagunar. No perímetro urbano de Pelotas, correspondem a 65 km<sup>2</sup>, o que representa 32% da área total (PIZZUTTI; REHBEIN, 2024).

### **As Diferentes Morfocronogêneses do Relevo no Ordenamento Territorial Urbano de Pelotas**

A análise das morfocronogêneses do relevo ganha relevância no contexto do ordenamento territorial, sobretudo, frente às mudanças climáticas em curso no estado do RS, especialmente, diante do aumento na frequência de chuvas intensas, das subseqüentes cheias nos cursos d'água e pelas previsões de elevação do nível médio do mar na região. Esse último fator contribui para a elevação do nível de base da rede de drenagem continental, cujos impactos tendem a ser mais expressivos nas áreas costeiras, como é o caso da cidade de Pelotas.

Nesse contexto, é fundamental lembrar que as planícies constituem superfícies de acumulação sedimentar, formadas por processos recorrentes de variações no nível freático e transbordamentos dos cursos d'água. São constituídas por solos hidromórficos, caracterizados por drenagem deficiente, o que lhes confere alta suscetibilidade a alagamentos. Além disso, como já dito, as planícies correspondem ao leito maior e



excepcional da rede de drenagem. Por sua gênese relativamente recente em termos geológicos, enquanto superfícies holocênicas, essas unidades de relevo também apresentam elevada suscetibilidade a inundações, estando diretamente condicionadas às dinâmicas hidrossedimentares. No caso de Pelotas, tratam-se essencialmente de planícies de inundação paludiais, fluviais, lacustre e lagunar.

Ainda que alguns cursos d'água tenham sido retificados em trechos de planícies, é importante destacar que suas dinâmicas naturais, desenvolvidas ao longo de milhares de anos, estiveram vinculadas a sistemas meandrantés. A retificação fluvial, embora possa reduzir alagamentos e inundações em determinados segmentos, não elimina a suscetibilidade natural dessas unidades de relevo a tais processos, pois eles estão intrinsecamente relacionados à sua evolução morfo-cronogenética.

A utilização de outros sistemas tradicionais de contenção de inundações — como diques de proteção, aterros, canalizações e estações de bombeamento — como justificativa para a expansão urbana sobre superfícies de planícies tem sido amplamente questionada na literatura, a partir de ideias de soluções baseadas na natureza (COLTEN, 2006; KABISCH ET AL, 2016; EEA, 2021; IPCC, 2022). No contexto da cidade de Pelotas, essas medidas de engenharia revelam-se particularmente inconsistentes, sobretudo diante dos elevados custos de implantação, operação e manutenção, além dos riscos inerentes à ineficiência desses sistemas. Esses riscos são agravados pela intensificação de eventos extremos de precipitação, sem precedentes históricos em termos de frequência e magnitude, bem como pela iminente elevação do nível de base regional e local da rede de drenagem. De acordo com projeções de elevação do nível do mar e por compensação hidrostática, é esperado que as planícies na área de estudo se tornem superfícies permanentemente alagadas.

Embora tais sistemas tenham sido reconhecidamente importantes na contenção das inundações de alguns canais fluviais durante a emergência climática de 2024 no perímetro urbano de Pelotas, evidenciou-se a fragilidade desses dispositivos frente às chuvas intensas nas bacias hidrográficas que drenam o município e cujos cursos inferiores escoam sobre a área urbana. Em cenários de eventos pluviométricos extremos, a saturação dos canais de macrodrenagem da cidade compromete a eficácia dos diques, uma vez que as inundações nas áreas internas (intradiques) os convertem em barreiras ao escoamento superficial.



O escoamento dos canais de macrodrenagem da cidade também vem sendo impactado pelo progressivo aterro e pela impermeabilização das superfícies das planícies paludiais, decorrentes da supressão dos ambientes úmidos (os banhados) em favor da expansão das áreas construídas. Esses ambientes naturais atuam como reguladores do escoamento superficial e subsuperficial e, por serem zonas de acumulação hídrica, contribuem para a mitigação de alagamentos e inundações. Uma vez aterrados, há uma drástica redução na capacidade de armazenamento de água nessas superfícies, o que reorienta os fluxos e intensifica os picos de vazão na macrodrenagem urbana. Além disso, como não há uniformidade entre as novas cotas de aterro e aquelas estabelecidas anteriormente, as áreas circunvizinhas aos novos aterros, situadas em cotas mais baixas, vêm sendo progressivamente afetadas por inundações potencializadas sempre que a rede de drenagem atinge sua saturação.

Ademais, destacamos o risco geológico associado à ocupação urbana nos segmentos de rupturas clinográficas que individualizam as planícies dos terraços. Nessas áreas, há potencial para o desenvolvimento de processos erosivos lineares avançados e movimentos de massa. Em alguns casos, como no contato entre a Planície e o Terraço Lagunar Holocênico, essas rupturas configuram taludes íngremes com aproximadamente 4 m de amplitude em depósitos não consolidados, o que agrava a suscetibilidade e o risco desses processos.

Dessa forma, recomenda-se de maneira enfática a adoção de políticas públicas e instrumentos de planejamento territorial que priorizem a conservação e preservação dos ambientes naturais associados às planícies, unidades de mapeamento de Planície lagunar, paludial, fluvial e flúvio-lagunar, assim como, aos taludes de contato, de rupturas clinográficas acentuadas, com as superfícies em terraços. A continuidade da ocupação urbana nesses relevos tende a intensificar os riscos hidrológicos e geológicos já existentes, comprometendo ainda mais a segurança ambiental e urbana.

Assim, recomenda-se que os investimentos em infraestrutura para a expansão urbana sejam direcionados às superfícies de baixas Colinas colúvio-aluvionares e Terraços lagunar, colúvio-aluvionar e flúvio-lagunar. Essas unidades de relevo — que juntas correspondem a 68% da área do perímetro do estudo — apresentam expressivos vazios urbanos. Colinas e terraços caracterizam-se por vertentes suavemente onduladas e superfícies amplamente planas, o que naturalmente dispensa o emprego de técnicas onerosas de engenharia para adaptações morfológicas do terreno. Além disso, essas



superfícies estão mais afastadas dos principais cursos d'água e em patamares altimétricos mais elevados, conferindo-lhes segurança frente aos riscos hidrológicos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise morfocronogenética do relevo no perímetro urbano de Pelotas evidencia a interação entre os processos climáticos, hidrodinâmicos e geológicos na evolução e conformação atual desse elemento da paisagem. O reconhecimento das diferentes unidades genéticas de relevo — das planícies, dunas, terraços e colinas — além de revelar aspectos do seu passado geológico e agradacional, permite avaliar os limites e potencialidades dessas superfícies para a ocupação urbana.

Nesse estudo ficou evidente que as superfícies holocênicas, como as planícies paludiais, fluviais e lagunares apresentam maior suscetibilidade a alagamentos e inundações. Em razão de suas dinâmicas hidrossedimentares, essas morfogêneses de relevo se constituem no leito maior e excepcional dos cursos d'água. A expansão urbana sobre essas unidades da superfície tem acentuado os riscos hidrológicos, especialmente pelo aterramento de áreas úmidas, pela crescente impermeabilização do solo e pela saturação dos sistemas de macrodrenagem, fatores que se agravam diante da intensificação de eventos climáticos extremos.

Desse modo, reforça-se a necessidade de reconhecer os ambientes naturais remanescentes sobre as planícies como unidades prioritárias para a preservação e conservação. Essas formas de relevo foram modeladas espaço-temporalmente ao longo do Quaternário para acomodar as inundações associadas às mudanças climáticas, em um processo intrinsecamente relacionado às suas morfocronogêneses. Neste contexto, destaca-se a importância das planícies paludiais, sobretudo, por sua função essencial no equilíbrio hidrológico. Essas superfícies atuam como áreas reguladoras das vazões nos cursos d'água durante períodos de estiagem, além de desempenharem um papel estratégico na retenção hídrica e no amortecimento de inundações diante de índices pluviométricos elevados.

A pesquisa também evidencia que as morfogêneses de relevo pleistocênico, representadas por colinas e terraços, apresentam características geomorfológicas favoráveis à expansão urbana. Essas unidades possuem superfícies relativamente planas, terrenos estáveis e baixa suscetibilidade a inundações e alagamentos, por estarem mais distantes dos cursos d'água e situadas em patamares altimétricos elevados, onde o nível



freático é mais profundo. Além disso, concentram expressivos vazios urbanos que poderiam ser ocupados prioritariamente, sem a necessidade de onerosas obras de contenção contra inundações. Assim, apontamos como alternativa sustentável a solução baseada na própria natureza geomorfológica da área. Em suma, o estudo reforça a importância de integrar o reconhecimento do relevo no ordenamento urbano de Pelotas, especialmente em contexto de mudanças climáticas, garantindo maior resiliência para cidade frente aos desafios ambientais contemporâneos e futuros.

Nessa perspectiva, as próximas etapas da pesquisa contemplam o mapeamento das áreas edificadas em planícies de inundação e das áreas disponíveis para expansão urbana sobre terraços e colinas. Também será organizado um banco de dados sociopopulacional dos domicílios situados em planícies de inundação, visando à formulação de um índice de vulnerabilidade social vinculado às respectivas morfogêneses de relevo. Com base no inventário taxonômico do modelado proposto por Ross (1992), será elaborado o registro cartográfico das formas associadas aos processos atuais, incluindo morfologias tectogênicas, como aterros, canalizações e diques. O objetivo é aprofundar a compreensão sobre as capacidades e limitações do sistema de controle e proteção contra inundações em Pelotas. Esses estudos constituem subsídios fundamentais para um plano de emergência climática.

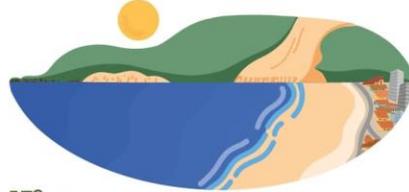
**Palavras-chave:** Mapeamento geomorfológico; Ordenamento territorial urbano; Mudanças climáticas; Planícies de inundação; Áreas úmidas.

## REFERÊNCIAS

BUENO, G. V.; ZACHARIAS, A. A.; OREIRO, S. G.; CUPERTINO, J. A.; FALKENHEIN, F. U. H.; NETO MARTINS, M. A. **Bacia de Pelotas**. *Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 551–559, maio/nov. 2007. Disponível em: <https://bgp.petrobras.com.br/bgp/article/view/355>

COLTEN, C. E. **An Unnatural Metropolis: Wrestling New Orleans from Nature**. Baton Rouge: Louisiana State University. 2006. 264p.

CORRÊA, I. C. S.; WESCHENFELDER, J.; CALLIARI, L. J.; TOLDO JR., E. E.; NUNES, J. Carlos; B. R. Plataforma continental do Rio Grande do Sul. In: **PLATAFORMA Continental Brasileira**. Porto Alegre: UFRGS/ PPGM, 2019. p. 74-158. Disponível em: [http://www.pggmbrasil.org/publicações/Plataforma Continental do RS 2019.pdf](http://www.pggmbrasil.org/publicações/Plataforma%20Continental%20do%20RS%202019.pdf)



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE  
**GEOMORFOLOGIA**

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Carta geológica de Pelotas – Folha SH.22-Y-D-IV: dados vetoriais (SIG). Escala 1:100.000.** Porto Alegre: CPRM, 2019. Disponível em: <https://geosgb.sgb.gov.br/geosgb/downloads.html>

EEA - EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **Nature-based solutions in Europe: policy, knowledge and practice for climate change adaptation and disaster risk reduction.** Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2021. (EEA Report, n. 1/2021). 159p. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/nature-based-solutions-in-europe>

FISCHER, A.; CALLIARI, L. J. **Variações morfodinâmicas das praias do “Saco do Laranjal”, costa noroeste do estuário da Laguna dos Patos, RS.** *Pesquisas em Geociências*, Porto Alegre, v. 38, n. 3, p. 283–296, set./dez. 2011. Disponível em: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/35168>

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **População residente, domicílios e estabelecimentos nas áreas afetadas por municípios.** SINGED Lab, 2024. Disponível em: [https://www.ibge.gov.br/singedlab/dados-apoio-rs\\_populacao-residente.php](https://www.ibge.gov.br/singedlab/dados-apoio-rs_populacao-residente.php)

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2022: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report (AR6).** Cambridge: Cambridge University, 2022. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>

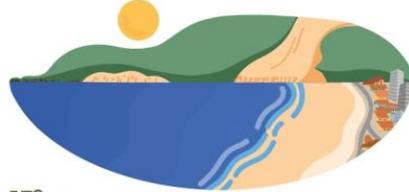
IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate: Summary for Policymakers.** Geneva: IPCC, 2019. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/srocc/>

KABISCH, N.; FRANTZESKAKI, N., PAULEIT S.; NAUMANN S.; DAVIS M., ARTMANN, M.; HAASE, D.; KNAPP, S.; KORN, H.; STADLER, J.; ZAUNBERGER, K.; BONN, A. **Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action.** *Ecology and Society*, v. 21, n. 2, 2016. Disponível em: <https://www.ecologyandsociety.org/vol21/iss2/art39/>

MARENGO, J. A.; CAMARINHA, P. I.; ALVES, L. M.; DINIZ, F.; BETTS, R. A. **Extreme Rainfall and Hydro-Geo-Meteorological Disaster Risk in 1.5, 2.0, and 4.0 °C Global Warming Scenarios: an analysis for Brazil.** *Frontiers in Climate*, Lausanne, v. 3, 2021. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fclim.2021.610433/full>

MOURA, N. S. V. **Mapeamento geomorfológico da planície e terras baixas costeiras do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.** *Espaço Aberto*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 2, p. 229–246, dez. 2022. DOI: 10.36403/espacoaberto.2022.54584. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/EspacoAberto/article/view/54584>

PIZZUTTI, R. A.; REHBEIN, M. O. **Mapeamento das morfologias de relevo do perímetro urbano de Pelotas (RS).** In: XX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA & IV ENCONTRO LUSO-AFRO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA E AMBIENTE, 2024, João Pessoa: UFPB. Anais... 21 a 27 de out. 2024. Disponível em: [https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/sbgfa/2024/TRABALHO\\_COMPLETO\\_EV206\\_MD1\\_ID134\\_TB141\\_08072024143039.pdf](https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/sbgfa/2024/TRABALHO_COMPLETO_EV206_MD1_ID134_TB141_08072024143039.pdf).



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE  
**GEOMORFOLOGIA**

PMP - PREFEITURA MUNICIPAL DE PELOTAS. Secretaria de Gestão da Cidade e Mobilidade Urbana. **GeoPelotas: Portal de Informações Geográficas de Pelotas.** Disponível em: <https://geopelotas.pelotas.rs.gov.br/>

ROSS, J. L. S. **O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo.** *Revista do Departamento de Geografia*, São Paulo, n. 6, p. 17–29, 1992. Disponível em: <https://doi.org/10.7154/RDG.1992.0006.0002>

SEMA/ RS - Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura do estado do Rio Grande do Sul. Dados de hidrografia em escala 1:25.000. Porto Alegre: SEMA/ RS. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/si-dados-geoespaciais>

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*, v. 19, n. 3, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.20502/rbg.v19i3.1342>

TOMAZELLI, L. J.; DILLENBURG, S. R.; VILLWOCK, J. A.; BARBOZA, E. G.; BACHI, A. F.; DEHNHARDT, A. B.; ROSA, M. L. C. C. Sistemas deposicionais e evolução geológica da Planície Costeira do Rio Grande do Sul: uma síntese. In: IANNUZZI, R.; FRANTZ, J. C. (orgs.). **50 anos de Geologia: Instituto de Geociências. Contribuições.** Porto Alegre: Editora Comunicação e Identidade/ UFRGS, 2007. p. 327–339.

TOMAZELLI, L. J.; VILLWOCK, J. A. O Cenozóico Costeiro do Rio Grande do Sul. In: HOLZ, M.; DE ROS, L. F. (eds.). **Geologia do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: UFRGS, 2000. p. 375–406.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). **SRTM - Shuttle Radar Topography Mission.** Sioux Falls: USGS, 2000. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

XAVIER, S. C. **Mapeamento geotécnico aplicado ao planejamento do uso e ocupação do solo da cidade de Pelotas/RS: estudo voltado à expansão urbana.** 2017. TESE (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2017. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/172720>