

geologia

solos

drenagem

vegetação/ocupação

paisagem



diagnóstico  
ambiental de  
porto  
alegre

diagnóstico  
ambiental de  
porto  
alegre

Prefeito Municipal de Porto Alegre

José Fogaça

Vice-prefeito

Eliseu Santos

Secretário Municipal do Meio Ambiente

Beto Moesch

Supervisor de Meio Ambiente

Maurício Fernandes da Silva

Supervisor de Praças, Parques, Jardins e Arborização

Luiz Alberto Carvalho Júnior

Prefeitura Municipal de Porto Alegre  
Secretaria Municipal do Meio Ambiente

diagnóstico  
ambiental de  
porto  
alegre

geologia  
solos  
drenagem  
vegetação e ocupação  
paisagem

Porto Alegre  
março 2008

## Secretaria Municipal do Meio Ambiente

Av. Carlos Gomes, 2.120  
CEP 90480-002 Porto Alegre RS Brasil  
Fone (51) 3289-7500 - Fax (51) 3289-7599  
smam@smam.prefpoa.com.br  
www.portoalegre.rs.gov.br/smam

**Capa:** Vista aérea do Centro de Porto Alegre,  
com a Usina do Gasômetro e Parque da Harmonia  
em primeiro plano e crista dos morros graníticos ao fundo  
**Contracapa:** mata nativa no Parque Saint-Hilaire

### Equipe técnica da publicação

**Edição:** Sílvia Franz Marcuzzo  
**Produção:** Thaís Teixeira da Silva  
**Edição de imagens e fotografias:** Paulo Backes  
**Ilustração:** Paulo Brack  
**Projeto gráfico:** Angela Pinto  
**Revisão:** Ademar Vargas de Freitas  
**Tratamento de imagens:** Edy Kolts  
**Finalização:** Santo Expedito Prod. e Arte-final  
**Produção gráfica:** Lúcia Dias  
**Impressão:** Gráfica Pallotti

Publicação realizada com recursos do Fundo Pró-Defesa do Meio  
Ambiente de Porto Alegre, medidas compensatórias e recursos do  
Orçamento Municipal.

Catálogo na publicação elaborada pela bibliotecária da Smam – Carmem M. L. Von Hoonholtz – CRB/10-473

D537

Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre: Geologia, Solos, Drenagem,  
Vegetação/Ocupação e Paisagem / coordenado por Heinrich Hasenack.  
– Porto Alegre : Secretaria Municipal do Meio Ambiente, 2008.  
84 p. ; 33 cm.

CDU 504(816.5)

1.Meio Ambiente – Porto Alegre. 2. Geologia – Porto Alegre. 3. Solos – Porto Alegre.  
4. Drenagem – Porto Alegre. 5. Vegetação – Porto Alegre. 6. Paisagem – Porto Alegre.  
I. HASENACK, Heinrich, coord. II. Título

É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte conforme a seguir:

**HASENACK**, Heinrich et al. (Coord.). **Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre:** Geologia, Solos, Drenagem, Vegetação/Ocupação e Paisagem. Porto Alegre: Secretaria Municipal do Meio Ambiente, 2008. 84 p.

As referências são de responsabilidade dos autores dos capítulos.

Encaminhado para registro na Biblioteca Nacional

## COORDENADOR GERAL

Geógrafo Heinrich Hasenack, Ufrgs - Instituto de Biociências

## ORGANIZADORES

Engenheiro agrônomo Eliseu José Weber, Ufrgs - Instituto de Biociências  
Jornalista Sílvia Franz Marcuzzo

## AUTORES

### Geologia

Geólogo Ruy Paulo Philipp, Ufrgs - Instituto de Geociências

### Solos

Engenheiro agrônomo Paulo Schneider, Ufrgs - Faculdade de Agronomia  
Engenheiro agrônomo Egon Klamt, Ufrgs - Faculdade de Agronomia  
Engenheiro agrônomo Nestor Kämpf, Ufrgs - Faculdade de Agronomia  
Engenheiro agrônomo Elvino Giasson, Ufrgs - Faculdade de Agronomia  
Engenheiro civil Diego Nacci

### Drenagem

Engenheiro civil Alfonso Risso, Ufrgs - Instituto de Pesquisas Hidráulicas  
Geólogo Marcos Imério Leão, Ufrgs - Instituto de Pesquisas Hidráulicas  
Engenheiro agrônomo Lawson Francisco de Souza Beltrame, Ufrgs - Instituto de Pesquisas Hidráulicas  
Engenheira civil Lidiane Souza Gonçalves  
Engenheiro civil Ferdnando Cavalcanti da Silva

### Vegetação/Ocupação

Geógrafo Heinrich Hasenack, Ufrgs - Instituto de Biociências  
Biólogo José Luís Passos Cordeiro, Ufrgs - Instituto de Biociências  
Bióloga Ilsi Boldrini, Ufrgs - Instituto de Biociências  
Biólogo Rafael Trevisan, Ufrgs - Instituto de Biociências  
Biólogo Paulo Brack, Ufrgs - Instituto de Biociências  
Engenheiro agrônomo Eliseu José Weber, Ufrgs - Instituto de Biociências

### Paisagem

Geógrafo Heinrich Hasenack, Ufrgs - Instituto de Biociências  
Biólogo Rogério Both, Ufrgs - Instituto de Biociências  
Engenheiro agrônomo Eliseu José Weber, Ufrgs - Instituto de Biociências  
Bióloga Ilsi Boldrini, Ufrgs - Instituto de Biociências  
Biólogo Paulo Brack, Ufrgs - Instituto de Biociências  
Biólogo Rafael Trevisan, Ufrgs - Instituto de Biociências

### Cartografia

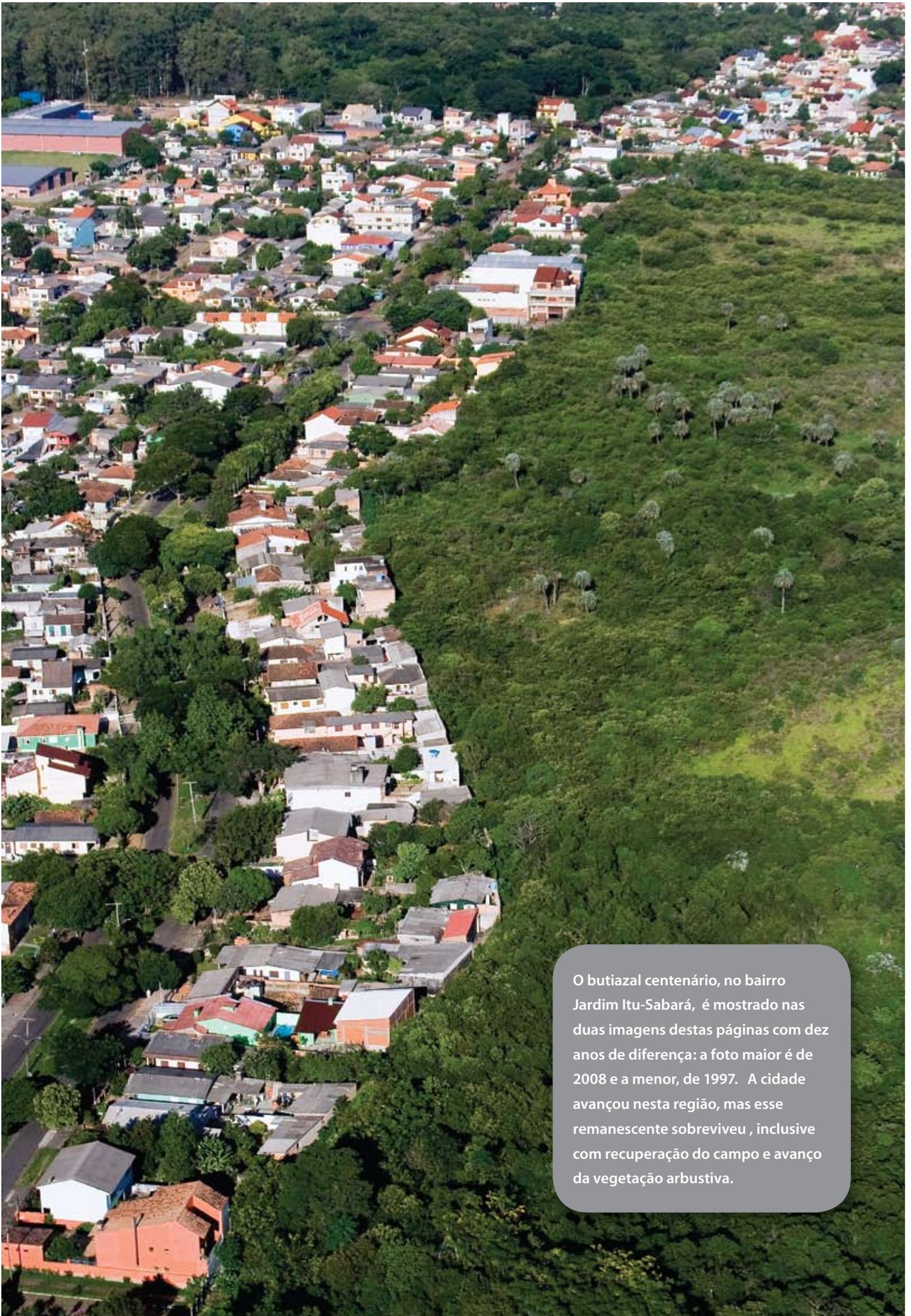
Geógrafo Heinrich Hasenack, Ufrgs - Instituto de Biociências  
Engenheiro cartógrafo Lúcio Mauro de Lima Lucatelli, Ufrgs - Instituto de Biociências  
Engenheira agrônoma e bióloga Eliana Casco Sarmiento, Ufrgs - Instituto de Biociências

## COLABORADORES

Ufrgs (professores, técnicos e acadêmicos que trabalharam no projeto original):  
André Cruvinel Resende, Camila Demo Medeiros, Carlos Eduardo Morelli Tucci, Cristiano D'Ávila Sumariva,  
Danielle Crawshaw, Manuel Luiz Leite Zurita, Márcia Colares de Matos, Nelson Augusto Flores Machado, Ricardo Dobrovolski.  
Smam: Dieter Wartchow, Gerson Almeida, Fábio Vianna Mohr e Sérgio Alencar Mielniczuk de Moura.

## AGRADECIMENTOS

Carlos Eduardo C. Aveiro, Cléia Beatriz H. de Oliveira, Denise B. Pegoraro, Flávio Antônio Bachi, Martin Grings e Sívio Longo Vargas



O butiazal centenário, no bairro Jardim Itu-Sabará, é mostrado nas duas imagens destas páginas com dez anos de diferença: a foto maior é de 2008 e a menor, de 1997. A cidade avançou nesta região, mas esse remanescente sobreviveu, inclusive com recuperação do campo e avanço da vegetação arbustiva.

## Prefácio

É com imensa satisfação que a Prefeitura de Porto Alegre, através da Secretaria Municipal do Meio Ambiente, lança a publicação Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre. Grande parte do levantamento dos dados – num trabalho inédito que envolveu a Ufrgs e a Smam – foi finalizado no segundo semestre de 2004, mas somente agora está sendo disponibilizado à sociedade.

A partir de agora, os estudos para planejar a cidade e realizar qualquer tipo de empreendimento passam a contar com este novo e imprescindível instrumento de gestão. As licenças ambientais, a fiscalização, as obras públicas e privadas, as alterações dos diversos instrumentos de planejamento, como o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental (PDDUA), o Plano Diretor de Drenagem Urbana e o Plano Diretor de Resíduos Sólidos – ou seja, o pensar a cidade e o agir nela – terão uma base de informações essenciais para consulta.

Muito do que a Lei Orgânica do Município exige, bem como vários outros instrumentos legais, finalmente consegue-se respeitar através deste instrumento. Pois, infelizmente, na maior parte das vezes, não é respeitado o que preconiza a Lei Orgânica do Município. Esperamos que este trabalho também colabore para informar, conscientizar e sensibilizar as pessoas para a importância da preservação da biodiversidade e o cuidado com o nosso território para o desenvolvimento seguro e justo.

Este trabalho vem a somar-se a muitas ações e políticas que estamos desenvolvendo, entre elas o fortalecimento do órgão ambiental municipal e do Conselho Municipal do Meio Ambiente (Comam), a participação da sociedade no processo de gestão ambiental e nas decisões que interfiram nos diversos patrimônios ambientais, a preservação ou a exigência de que se tenha, no mínimo, 20% de vegetação nos terrenos onde haverá construções, a preservação e a recuperação das Áreas de Preservação Permanente (APPs), de bacias de contenção nos novos loteamentos e qualquer novo projeto de maior repercussão, além da criação de novas áreas verdes e reservas, tanto públicas quanto privadas.

Todas essas ações, assim como esta edição do Diagnóstico, são medidas que colaboram

para a melhoria da qualidade de vida de Porto Alegre, da região metropolitana e do país. Elas contribuem para a melhoria da qualidade do ar e da água, e para a conservação da vegetação e do solo, evitando erosão e alagamentos, e ainda para a proteção da paisagem urbana e natural.

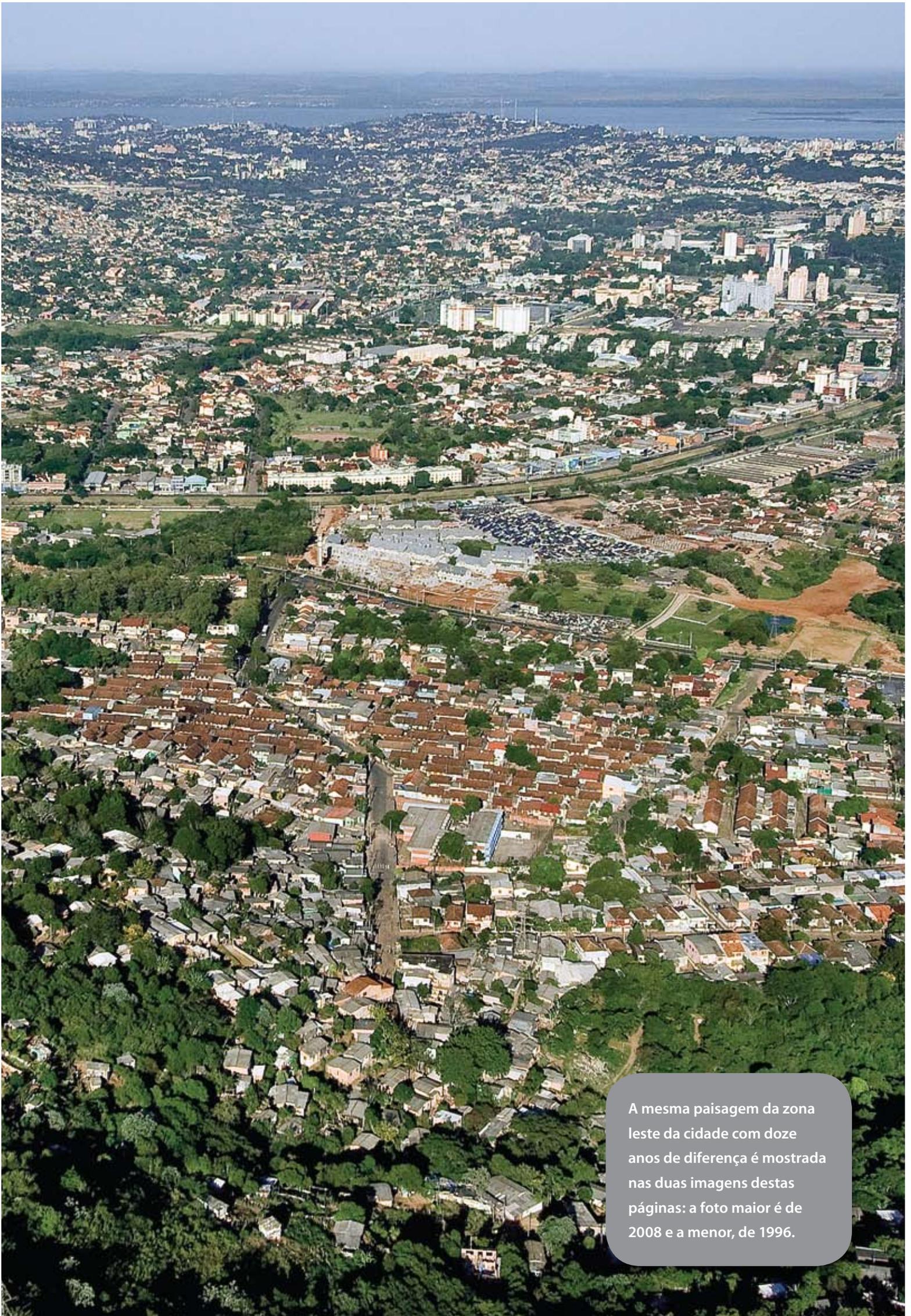
Esta é a primeira edição, mas esperamos que outras edições dêem prosseguimento a este trabalho. Outros estudos já estão em andamento, e muitos outros precisam surgir para reconhecer e evidenciar a riqueza da nossa fauna, o movimento dos nossos ventos e de outras formas de vida incidentes no território porto-alegrense.

Que este diagnóstico seja bastante utilizado por consultores, estudantes, universidades, empresas e em atividades dos setores primário, secundário e terciário. E, é claro, por toda a administração municipal, como secretarias, autarquias e departamentos da Prefeitura, bem como pelo Estado e pela União.

Secretário Municipal do Meio Ambiente

Beto Moesch





A mesma paisagem da zona leste da cidade com doze anos de diferença é mostrada nas duas imagens destas páginas: a foto maior é de 2008 e a menor, de 1996.

# Introdução

O material contido neste livro é produto do esforço de um grupo de professores e pesquisadores de diferentes unidades da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Ufrgs), que reuniram e sistematizaram estudos e dados existentes e levantaram informações novas a fim de elaborar uma síntese de temas importantes para o município. O trabalho é resultado do Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre, lançado pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente na forma de edital público em 2002 e entregue em 2004, mas somente agora vira uma publicação acessível ao público.

Diferente do Atlas Ambiental de Porto Alegre, este diagnóstico visa a dar subsídios a técnicos, empreendedores e tomadores de decisão do setor público e do setor privado, objetivando um melhor planejamento do território e o licenciamento ambiental, entre outros propósitos. Dessa forma, apesar de apresentar maior detalhamento que o Atlas em alguns temas, a abordagem é menos didática e educativa que aquele, privilegiando um enfoque mais técnico.

O primeiro capítulo refere-se à geologia, apresentando as principais características do substrato rochoso de Porto Alegre, constituído por rochas do embasamento cristalino com uma história que remonta a mais de 2 bilhões de anos. Um enfoque especial é dado aos diferentes tipos de granitos, devido à sua presença marcante na paisagem com diferentes formas de relevo e principalmente pela relação das rochas graníticas com o desenvolvimento urbano e paisagístico da cidade através do tempo.

O capítulo referente aos solos reúne as informações básicas sobre a natureza e as propriedades dos diferentes tipos de solo do município, tanto do ponto de vista agrônomo quanto com relação a sua aptidão para a construção civil.

Já o capítulo de drenagem identifica o ordenamento da drenagem superficial no contexto das bacias e sub-bacias hidrográficas, bem como a tendência de fluxo das águas subterrâneas e a localização dos poços utilizados para estimar essa tendência. Por último, apresenta uma estimativa do potencial de escoamento superficial resultante de uma análise integrada dos tipos de solo, do relevo e da cobertura do solo.

O capítulo de vegetação e ocupação caracteriza de maneira geral os principais tipos de estrutura urbana, assim como os diferentes tipos de cultivo e as áreas com vegetação natural. Também são indicados perfis topográficos com ilustração do tipo de vegetação associado a distintos tipos de encosta. O produto é um mapa que inclui tanto áreas com uso antrópico quanto com cobertura vegetal natural, em um detalhamento inédito para todo o território do município.

O último capítulo ilustra com fotografias as características dos diferentes tipos/janelas de paisagem que representam os distintos e os contrastantes ambientes de seus 476km<sup>2</sup> de superfície.

Além do texto e ilustrações com fotografias, cada capítulo é acompanhado do respectivo mapa. Inseridos em cada capítulo, encontram-se mapas que representam os temas na escala 1:125.000. Além dos mapas inclusos no texto, geologia, solos e drenagem são apresentados também em mapas anexos na escala 1:50.000. A vegetação e ocupação, por ser uma informação mais detalhada, é apresentada na escala 1:25.000, em mapa dividido em quatro folhas em função do tamanho. As informações impressas nos mapas estão também presentes em um CD-ROM, tanto na forma de arquivo para impressão quanto em formato compatível ao uso em sistemas de informação geográfica.





Vista do Cais do Porto a partir de uma ilha do Delta do Jacuí.

# Sumário

Geologia.....	12
Contexto geológico e tectônico regional.....	15
Geologia da região de Porto Alegre.....	16
Gnaisses Porto Alegre.....	17
Granito Viamão.....	18
Granito Independência.....	20
Granito Canta Galo.....	21
Granito Ponta Grossa.....	21
Granito Santana.....	23
Diques Riolítico, Dacíticos e Diabásios.....	24
Quaternário.....	26
Solos.....	28
Solos – Mapeamento das unidades de solo.....	31
Métodos.....	31
Caracterização das unidades de mapeamento de solos.....	31
Caracterização das unidades taxonômicas.....	36
Geotecnia.....	40
Drenagem.....	44
Bacia hidrográfica do município.....	47
Drenagem superficial.....	47
Drenagem subterrânea.....	48
Potencial de escoamento superficial.....	50
Modelo hidrológico SCS.....	51
Elaboração dos mapas.....	53
Vegetação/Ocupação.....	56
Tipos de vegetação.....	59
Tipos de ocupação.....	65
Mapeamento.....	67
Trabalho de campo.....	67
Legenda.....	68
Paisagem.....	72
Onze paisagens características de Porto Alegre.....	75

# Geologia

## Introdução

O principal objetivo deste capítulo é fornecer de modo descritivo os principais elementos geológicos de cada unidade, para permitir que se estabeleça correlações entre a geologia e os tipos de relevo, de solos e o comportamento estrutural do manto de alteração. Também foram acrescentadas informações sobre a utilização dos materiais geológicos disponíveis no desenvolvimento urbano e paisagístico de Porto Alegre.

Este mapeamento geológico também pretende representar, sobre um fundo topográfico, a distribuição geográfica das formações geológicas, abstraindo-se o manto de intemperismo. Ele indica a natureza, idade e posição relativa das rochas aflorantes, distinguindo as formações por cores e símbolos. Também são indicados lineamentos associados, como falhas e diques.

O mapa geológico foi construído tendo-se por base o mapa geológico da Folha Porto Alegre (Schneider *et al.*, 1974), com atualizações decorrentes de estudos realizados desde então, em especial no que se refere ao embasamento cristalino. Para contemplar todo o município de Porto Alegre, estendeu-se o mapeamento para as porções do município presentes nas cartas topográficas de Morretes, São Leopoldo, Guaíba e Itapuã.

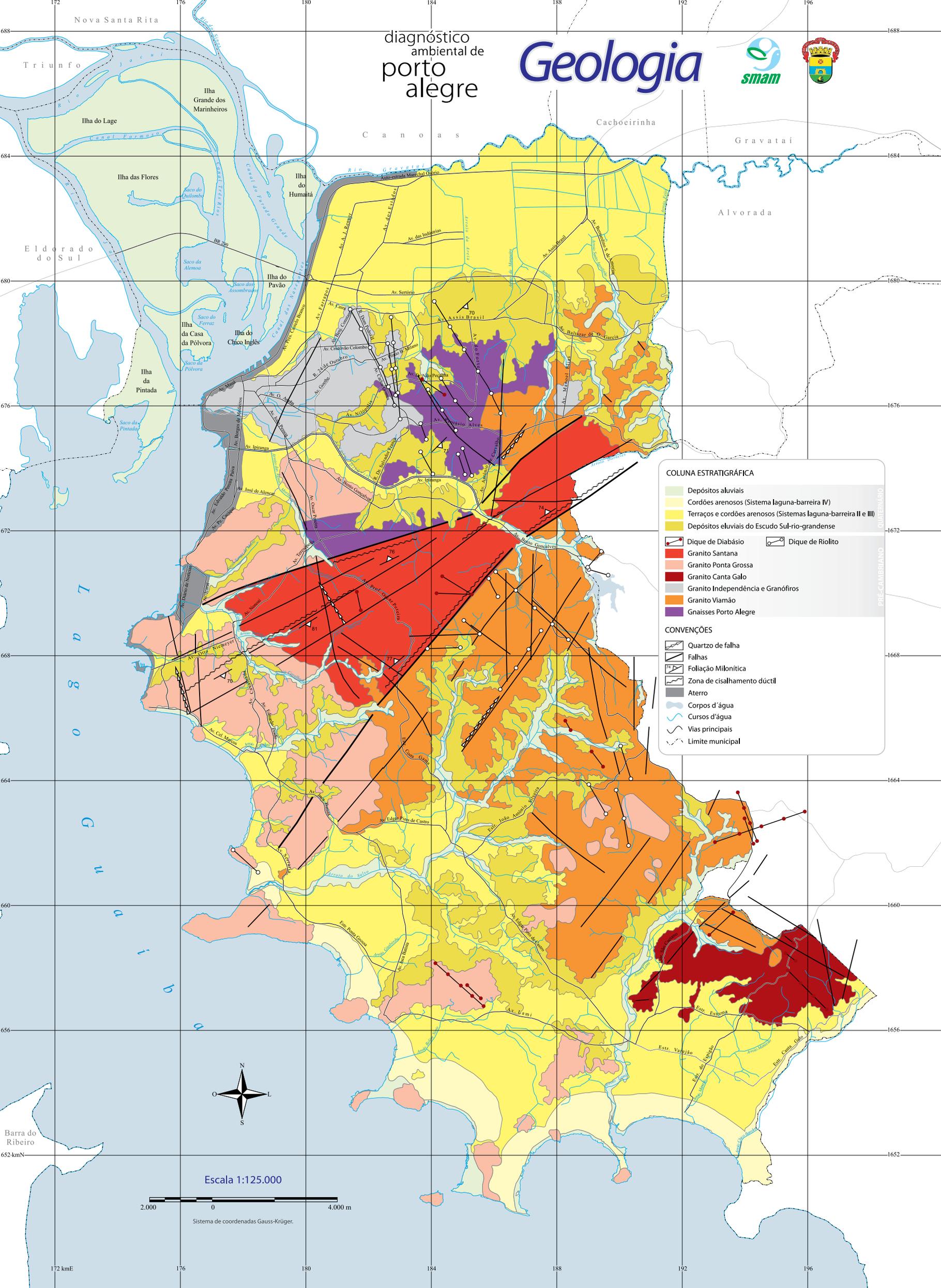
As informações podem ser úteis para identificar áreas frágeis do ponto de vista estrutural, jazidas para extração de material para construção civil, avaliação geotécnica para expansão urbana, além do potencial de ocorrência de água subterrânea, entre outros.

**Afloramento granítico  
na encosta norte do  
Morro São Pedro.**



diagnóstico ambiental de porto alegre

# Geologia



**COLUNA ESTRATIGRÁFICA**

- Depósitos aluviais
- Cordões arenosos (Sistema laguna-barreira IV)
- Terraços e cordões arenosos (Sistemas laguna-barreira II e III)
- Depósitos eluviais do Escudo Sul-rio-grandense

**PRE-CAMBRIANO**

- Diqe de Diabásio
- Granito Santana
- Granito Ponta Grossa
- Granito Canta Galo
- Granito Interdependência e Granófiros
- Granito Viamão
- Gnaisses Porto Alegre

**QUATERNÁRIO**

- Dique de Riolioto

**CONVENÇÕES**

- Quartzo de falha
- Falhas
- Foliação Milonítica
- Zona de cisalhamento dúctil
- Aterro
- Corpos d'água
- Cursos d'água
- Vias principais
- Limite municipal



Escala 1:125.000



Sistema de coordenadas Gauss-Krüger.

172 kmE 176 180 184 188 192 196

Barra do Ribeiro  
652 kmS

1652

1656

1660

1664

1668

1672

1676

1680

1684

1688

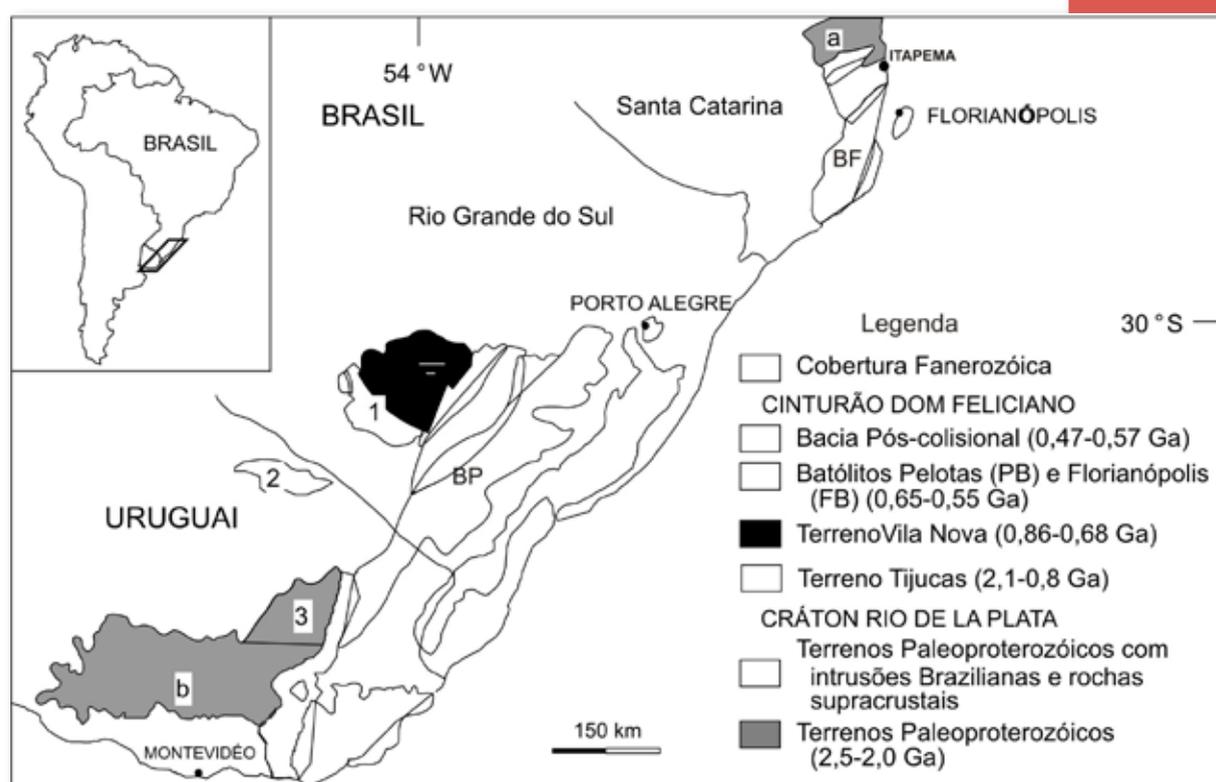
## Contexto geológico e tectônico regional

A região de Porto Alegre está localizada no Escudo Sul-rio-grandense, uma ampla área que ocupa a porção central do Estado, constituída por rochas de idade Pré-Cambriana, com idades superiores a 570 milhões de anos. O escudo é composto por diversas unidades geotectônicas, que representam os principais ambientes e períodos de formação das rochas da porção sul do Brasil. As rochas que compõe o substrato do município fazem parte do denominado Batólito Pelotas, a principal unidade da antiga cadeia de montanhas conhecida como Cinturão Dom Feliciano. Este batólito é composto por centenas de corpos graníticos que foram gerados no intervalo de idades entre 650Ma e 550Ma. Estas unidades graníticas são agrupadas em sete conjuntos principais, denominadas suítes intrusivas, e definem as associações de rochas magmáticas geradas neste intervalo de tempo.

A atividade magmática que originou o Batólito Pelotas foi atribuída a um ambiente de arco magmático gerado pelo consumo de um antigo oceano (Oceano Adamastor) por uma zona de subducção com mergulho para oeste (Fernandes *et al.*, 1992) ou com mergulho para leste (Chemale Jr., 2000). Entretanto, Philipp (1998) e Philipp *et al.* (2001, 2002 e 2005) mostram que a geração

do magmatismo do Batólito Pelotas representa essencialmente a evolução em um ambiente pós-colisional, como também sugerido por Bitencourt & Nardi (2000) para o magmatismo granítico de Santa Catarina.

O Batólito Pelotas possui uma porção ínfima de rochas Neoproterozóicas juvenis, e estudos isotópicos indicam o amplo retrabalhamento de material crustal Paleoproterozóico (Babinski *et al.*, 1997; Philipp, 1998; Hartmann *et al.*, 2000; Frantz *et al.*, 2003; Silva *et al.*, 2005; Philipp *et al.* 2002, 2003, 2007). Isso significa que a ampla remobilização do embasamento Transamazônico do Cinturão Dom Feliciano foi induzida provavelmente por processos de delaminação crustal (*slab-breakoff*) ocorridos em período posterior ao desenvolvimento das zonas de cisalhamento intracontinentais, à semelhança do que ocorre há alguns milhões de anos no Himalaia. Os estudos de composição isotópica dos granitos indicam contribuição significativa de crosta antiga, sugerindo proporções variadas de misturas entre crosta antiga e material mantélico (Soliani Jr. 1986; Babinski *et al.*, 1997; Philipp, 1998; Philipp & Machado, 2005; Philipp *et al.*, 2007).

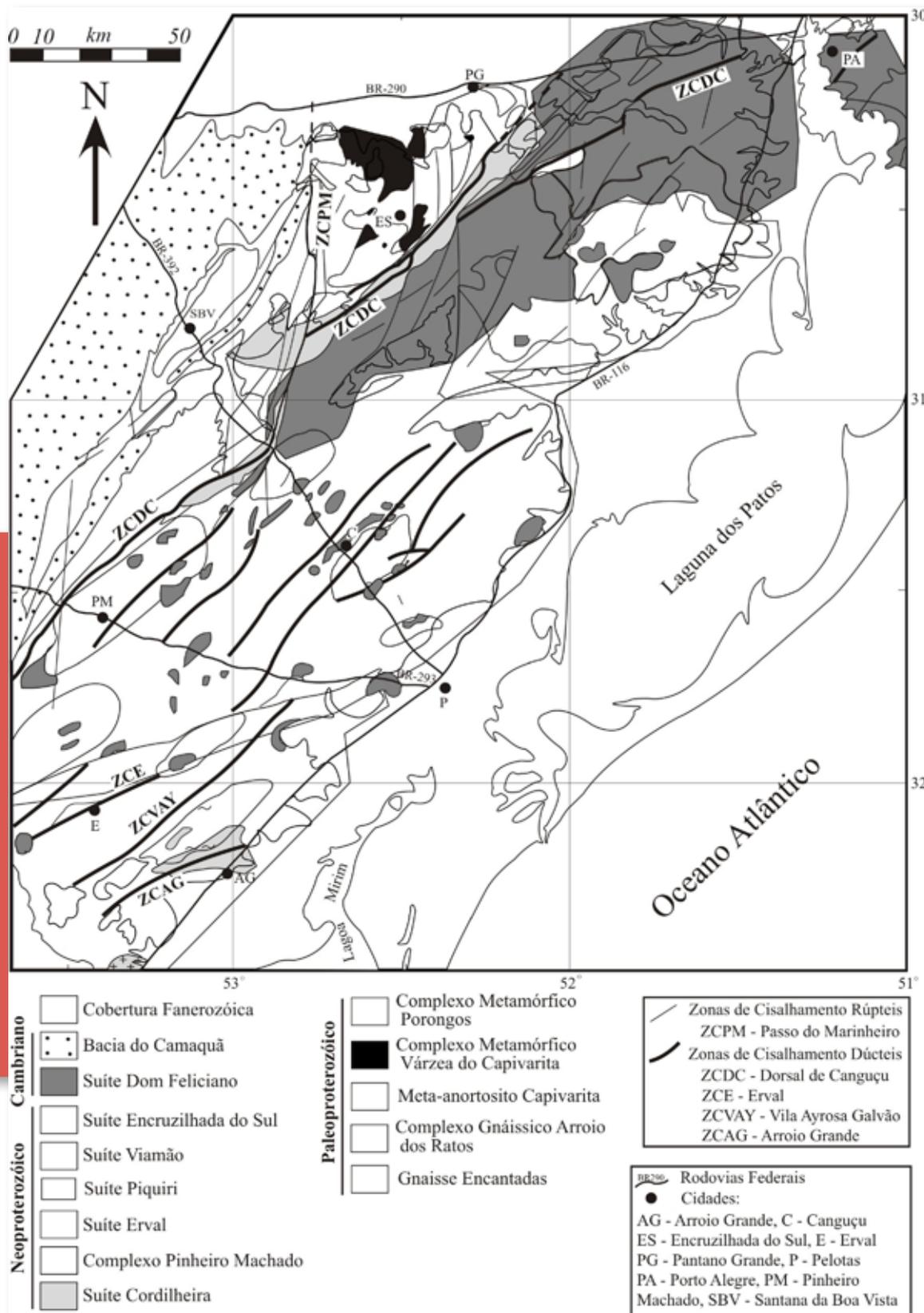


# Geologia da região de Porto Alegre

A região de Porto Alegre apresenta uma parte da história de formação da cadeia de montanhas representada pelo Cinturão Dom Feliciano. Este cinturão apresenta fragmentos da antiga crosta continental da porção sul da Plataforma Sul-americana de idade Paleoproterozóica, entre 2,0 e 2,4 bilhões de anos. Um destes fragmentos está representado na geologia do município

pelos Gnaisses Porto Alegre, uma associação de gnaisses granodioríticos a dioríticos com idade ao redor de 2,0 bilhões de anos (Philipp & Campos, 2004; Philipp *et al.* 2008). A ampla maioria do substrato rochoso, entretanto, é ocupada por rochas graníticas que se destacam no relevo do município pelo conjunto distinto de cristas, morros e coxilhas, representando os diferentes tipos de granito identificados nesta região. A seguir são descritas as unidades litoestratigráficas que compõem o substrato rochoso do município.

Mapa geológico do Batólito Pelotas, destacando as diversas suítes graníticas e as principais zonas de falha (zonas de cisalhamento dúcteis transcorrentes) (Fonte: Philipp *et al.* 2007).



## Gnaisses Porto Alegre

Os Gnaisses Porto Alegre (Philipp, 1998; Philipp & Campos, 2004) estão representados por gnaisses tonalíticos e granodioríticos, com presença restrita de gnaisses dioríticos. Foram descritos inicialmente como migmatitos heterogêneos por Schneider *et al.* (1974). Constituem uma área muito arrasada de relevo plano, localizando-se no extremo noroeste da Folha Porto Alegre (SH.22-Y-B-III-2), estendendo-se com uma forma alongada segundo a direção NE-SW até a porção centro-sul da Folha Gravataí.

As relações de contato dos Gnaisses Porto Alegre são observadas diretamente com os Granitos Viamão, Independência e Santana, e estão quase totalmente encobertos pela urbanização, como indicado nos extremos oeste, leste e sul da Folha Porto Alegre. Ao norte, os gnaisses estão recobertos pelos sedimentitos Paleozóicos da Bacia do Paraná e por sedimentos da Bacia do Rio Gravataí. A oeste, o contato com o Granito Independência é caracterizado pela presença de xenólitos angulosos dos gnaisses no interior deste granito, além de inúmeras injeções tabulares, apófises e outras formas irregulares de manifestações do granito cortando as rochas gnáissicas. A sudeste, o contato com o Granito Santana é tectônico, definido pela ocorrência de uma zona de cisalhamento dúctil subvertical. No interior do Granito Viamão ocorrem xenólitos de rochas ortognáissicas com dimensões centimétricas e formas subangulosas a subarredondadas.

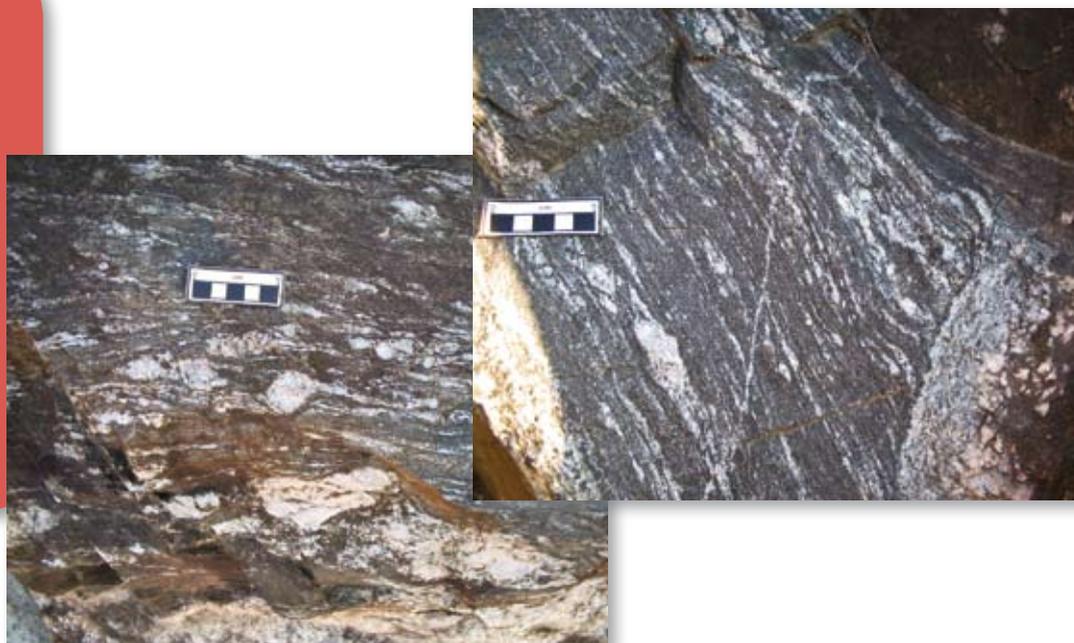
Os poucos afloramentos dos gnaisses possuem alguns metros quadrados, podendo ser encontrados nos bairros Chácara das Pedras, Três Figueiras e Petrópolis. Boas exposições, entretanto efêmeras, podem ser encontradas nas avenidas Protásio Alves, Antônio de Carvalho e na Vila Bom Jesus. Em Gravataí, a principal

exposição encontra-se na BR 290. Outros pontos de observação devem-se a testemunhos de sondagens cedidos por empresas de construção civil. Os gnaisses encontram-se muito afetados pela alteração intempérica, apresentando um perfil de alteração pronunciado com espessura entre 10m e 35m.

Os gnaisses têm cor cinza escura a preta e um bandamento fino pouco contínuo a contínuo, com boa regularidade, marcado pela alternância de níveis milimétricos (3 a 15) de minerais félsicos e máficos. Em regiões muito deformadas, a espessura das bandas diminui e perde a continuidade, resultando em um aspecto maciço, associado a um arranjo granoblástico muito fino ( $< 0,1\text{mm}$ ) e numa cor notadamente preta. Os níveis félsicos estão constituídos por quartzo e feldspatos, com textura granoblástica interlobada inequigranular média a fina (0,1mm a 0,4mm), com presença de porfiroclastos de feldspatos com formas de Augen de 1mm a 10mm. Do volume aflorante, estas bandas constituem aproximadamente 15% a 35% da rocha. Os níveis máficos apresentam-se contínuos, com espessuras entre 5mm e 40mm ou mais, mostrando uma constituição rica em biotita. Cabe ressaltar que estes níveis também são compostos por quartzo e feldspato de grão muito pequeno ( $< 0,1\text{mm}$ ), que absorvem a luz, tornando a rocha escura. Os níveis máficos mostram uma estruturação definida por domínios de textura lepidoblástica fina a média marcada pela orientação de biotita, intercalados com domínios de textura granoblástica de composição quartzo-feldspática. Ocorrem ainda pequenas proporções de anfibólio, sendo este o mineral máfico principal dos corpos dioríticos, onde a orientação do anfibólio constitui a textura nematoblástica.

As observações de campo e petrográficas permitem reconhecimento da atuação de uma deformação polifásica, sobre um bandamento composicional original marcado pela injeção de corpos tabulares de dioritos e tonalitos nas porções granodioríticas

**Gnaisses granodioríticos com bandamento descontínuo e irregular definido pela alternância de bandas félsicas compostas por feldspatos e quartzo, e bandas máficas ricas em biotita. Afloramento da Av. Protásio Alves, próximo ao nº 5.500.**  
Foto Ruy Paulo Philipp



dominantes. Sobre esta estrutura ígnea desenvolve-se um bandamento de segregação metamórfica (Sb1) que gera na rocha o aparecimento de bandas félsicas com textura granoblástica poligonal a interlobada, intercaladas com níveis máficos ricos em biotita em arranjo lepidoblástico. A evolução do bandamento passa, além da sua geração (D1), pelo seu dobramento e transposição (D2), como indicado por dobras isoclinais (F2) e intrafoliais. Estas estruturas são submetidas a um terceiro evento deformacional (D3), gerando dobras abertas a apertadas (F3) com charneiras arredondadas e eixos mergulhantes predominantemente para sudoeste (Philipp & Campos, 2004). Este evento D3 reorganiza espacialmente o bandamento transposto, estando vinculado à geração das zonas de cisalhamento dúcteis subverticais com orientação dominante para N70°-85°E, concordante com a superfície axial desta fase.

A intrusão do Granito Independência contribuiu para a desorganização parcial da geometria das estruturas desenvolvidas nesta unidade. Deste modo, a variação do mergulho dos eixos da F3, caindo para SW e NE, pode estar relacionada ao fraturamento e intrusão dos corpos graníticos mais jovens ou então estar associada com uma fase F4 de dobramentos, muito tardia e definida por dobras suaves com eixos direcionados para NW.

No contato sudeste, a presença de intrusões tabulares de leucogranitos com texturas equigranulares a pegmatóides de cor rosa está restrita às proximidades do contato com o Granito Santana, que está marcado por uma zona de cisalhamento dúctil subvertical. As intrusões estão aproximadamente subparalelas e mostram espessuras entre 5cm e 30cm até espessuras entre 1m e 2m. Os corpos cortam o bandamento mantendo mesmo nas zonas de alta deformação uma relação angular discordante de baixo valor (entre 10° e 20°). Os contatos são retilíneos a pouco curvos, e nítidos. A grande maioria das intrusões está deformada, gerando dobras suaves e mostrando estiramento de quartzo e porfiroclastos K-feldspato.

## Granito Viamão

As litologias deste corpo granítico estendem-se por grande parte das folhas Porto Alegre e Passo do Vigário, constituindo a mais extensa unidade plutônica aflorante na região de Porto Alegre (Philipp, 1998). Inicialmente foram descritos como migmatitos homogêneos por Schneider *et al.* (1974). O Granito Viamão está recoberto, ao norte, pelos sedimentos da bacia do Rio Gravataí e, ao leste-sudeste, pelos sedimentos da planície costeira.

**Monzogranito com textura porfírica caracterizada por megacristais tabulares de K-feldspato imersos em matriz equigranular média a grossa. Afloramento no anel viário do Campus da Ufrgs. Foto Ruy Paulo Philipp**



Este granito apresenta um relevo constituído por coxilhas, sem grande alongamento de vales ou áreas soerguidas. Na extremidade leste e norte da área estudada, há presença de uma tectônica frágil de direção NE-SW que resulta na formação de falhas extensionais. Estas estruturas estão definidas por escarpas de falha parcialmente erodidas, que limitam os terraços de sedimentos quaternários da planície costeira, marcando na região de Águas Claras, em Viamão, a transição para um relevo plano com saliências localizadas, marcadas por pequenos morros graníticos.

Os principais afloramentos desta unidade são pequenos campos de matacões, que apresentam forma geral arredondada e diâmetros variando de 1m a 6m, comumente menores que 2m. Excelentes exposições podem ser encontradas na estrada da Lomba do Pinheiro, na Av. Bento Gonçalves, no Campus da Ufrgs, em Porto Alegre, e no distrito de Águas Claras, em Viamão. Também ocorrem exposições em leitos de drenagem, como no arroio a leste do Granito Santana, próximo à antiga pedreira da Construtora Zocolloto.

Em geral, o granito está alterado, modificando sua cor cinza para tons mais claros de cinza, amarelo e laranja-escuro. Comumente apresentam uma pequena cobertura de 1m a 3m de um solo arenoso de cor castanho-claro a alaranjado, transicionando para um alterito feldspático tipicamente saibroso.

O granito mostra cor cinza-média a escura com megacristais tabulares de K-feldspato de cores rosa, laranja e, menos freqüentemente, branco. A principal estrutura encontrada é uma foliação de fluxo magmático definida pela orientação dimensional do K-feldspato, biotita e de enclaves máficos. A principal textura é porfírica, marcada pela presença de 15% a 35% de megacristais de K-feldspato com 1cm a 5cm, por vezes, de até 10cm, imersos em uma matriz equigranular grossa a média (de 4mm a 8mm) de composição granodiorítica, composta por plagioclásio, K-feldspato, quartzo, biotita e raramente, hornblenda. Texturalmente, podem ser individualizados neste granito duas variedades petrográficas distintas, definidas pela concentração e cor dos megacristais de K-feldspato e pelo teor de minerais máficos.

Composicionalmente, são monzogranitos, com raros termos granodioríticos. A mineralogia essencial é composta por K-feldspato (ortoclásio-microclínio), plagioclásio e quartzo, com biotita como mineral máfico principal. Os minerais acessórios são zircão, apatita, alanita, titanita e opacos. Alanita e titanita ocorrem como inclusões nos minerais essenciais e também de modo intersticial. O K-feldspato tem forma prismática alongada, é subédrico, com limites retilíneos a lobados e com uma zonação marcada por trilhas concêntricas de inclusões de biotita, plagioclásio e opacos. A biotita constitui palhetas de cor preta, ocorrendo de modo intersticial e como agregados lenticulares milimétricos associados com alanita e opacos euédricos. O quartzo é incolor e está estirado ou mostra uma forma amebóide. O plagioclásio apresenta forma quadrática, de euédrica a subédrica, e cor branca.

Ocorrem dois tipos principais de enclaves no interior das litologias graníticas que compõe o Granito Viamão: enclaves máficos (microdioríticos a microgranodioríticos) e xenólitos pertencentes aos Gnaisses Porto Alegre.

Os enclaves máficos têm composição diorítica a granodiorítica e são freqüentes neste granito. Possuem cor preta, formas arredondadas a elípticas, raramente subangulosas, com dimensões entre 5cm e 40cm. Os contatos dos enclaves com o granito são nítidos e com formas curvilíneas. Quando estirados, estão concordantes com a orientação dos megacristais de K-feldspato. A textura é equigranular fina (1mm) caracterizada por plagioclásio, quartzo, biotita e hornblenda.

Os xenólitos de gnaisses mostram estrutura bandada, e os contatos variam em um mesmo xenólito desde retos e bem definidos até lobados e gradacionais. As dimensões variam entre 15cm e 80cm. Os fragmentos maiores têm formas subangulosas ou subarredondadas, definidas nos bordos por uma elevada concentração de biotita. Os xenólitos de pequenas dimensões apresentam intensa assimilação, mostrando formas subarredondadas e concentrações irregulares de biotita ao seu redor. Posteriormente, com a evolução da assimilação, os gnaisses perdem o bandamento, diminuem o teor de quartzo e, em menor proporção, de feldspatos. No caso extremo, o produto final da assimilação são schlierens, ou bandas irregulares ricas em biotita. Nestes locais, o granito perde sua característica porfírica, adquirindo um aspecto manchado e uma textura equigranular grossa.

Próximo da porção oeste do corpo, o granito é cortado por diques e veios com textura equigranular, aplítica e pegmatóide, de composição monzogranítica e cor esbranquiçada. Os contatos são curvos a lobados e nítidos, embora contatos

gradacionais ocorram em diversas exposições. Normalmente, dispõem uma elevada relação angular com a foliação magmática, alojando-se em um sistema de fraturas de cisalhamento de direção N40°W e N30°E. Estes corpos têm forma tabular e espessuras que variam entre 20cm e 40cm, atingindo de 5m a 8m. Apresentam características petrográficas e composicionais correlacionáveis com o Granito Independência. Composicionalmente são monzo a sienogranitos com cores cinzentas a rosadas quando alterado. A textura é equigranular média a grossa a inequigranular fina. Os contatos são pouco lobados e a presença de fragmentos de monzogranitos porfíricos é comum. Os fragmentos possuem formas subangulosas e tamanhos que variam de 20cm até 1m. Os contatos são gradacionais e mostram formas curvas a pouco retilíneas, sugestivas da ocorrência de um pequeno grau de assimilação dos mesmos pelo magma intrusivo.

Em vários locais do Granito Viamão ocorrem zonas de cisalhamento dúcteis discretas, principalmente na extremidade leste do corpo e no oeste, próximo ao contato com o Granito Santana. Estas zonas de falha estão definidas por faixas de protomilonitos, localmente milonitos, com espessuras de 15cm-30cm até 5m.

**Chapa polida do Granito Viamão utilizada no revestimento da fachada do Santander Cultural, Praça da Alfândega. Foto Ruy Paulo Philipp**



Nestes locais, o granito mostra estrutura foliada com porfiroclastos estirados de K-feldspato com forma de Augen, envolvidos por uma matriz média a fina com forte orientação de biotita e estiramento de quartzo de cor escura. Estas zonas mostram direção nordeste e apresentam-se paralelas a subparalelas à orientação de fluxo marcada pelo alinhamento dos megacristais e enclaves máficos.

Próximo aos contatos com o Granito Santana, ocorrem zonas de cisalhamento frágeis de direção noroeste (N20°-30°W), responsáveis pela formação de faixas de cataclitos com larguras variáveis entre 14cm-40cm a 1m-3m. A fragmentação progressiva do granito mascara sua textura porfírica, transformando-o em uma rocha equigranular com minerais intensamente fraturados, com formas angulosas e dimensões variadas (0,1mm-20mm) imersos em uma matriz fina de cor esbranquiçada a acinzentada.

O Granito Viamão tem sido muito utilizado na cidade como material de construção civil, principalmente como brita, pedra de alicerce e calçamento. Também foi utilizado como rocha ornamental na forma de chapas polidas para o revestimento externo da fachada do Santander Cultural e como piso interno principal da Catedral Metropolitana de Porto Alegre.

## Granito Independência

Este granito ocorre no extremo oeste da Folha Porto Alegre e sul da Folha Gravataí. A principal exposição é a antiga pedreira do Instituto Porto Alegre (IPA), afloramentos efêmeros podem ser encontrados nas avenidas, praças e casas dos bairros Petrópolis, Independência, Chácara das Pedras, Três Figueiras, Bela Vista, Cristo Redentor e Vila Bom Jesus. O Granito Independência (Schneider et al., 1974) constitui uma área elevada da cidade denominada Morro Petrópolis, definida por um relevo de pequenos morros escalonados. A erosão controlada por fraturas de extensão de direção N50°W é responsável por sua forma alongada e pela geração da feição geomorfológica denominada Crista da Matriz.

O corpo, na sua porção aflorante, tem forma alongada para NE, sendo encoberto ao norte pelos sedimentos quaternários da Bacia do Rio Gravataí. A espessura do solo é variável de 2m a 15m, mostrando uma cor castanho-claro a amarelada, ocorrendo abaixo um alterito, sempre com elevado teor de quartzo e micas.

O granito mostra de cor cinza-clara a esbranquiçada, com pontuações pretas, dadas por cristais de biotita. Quando alterado adquire tons amarelados. Apresenta, em grande parte dos afloramentos, uma textura equigranular média a grossa (3mm-6mm) constituída por K-feldspato, plagioclásio e quartzo com pouca biotita (2%-4%). Localmente pode apresentar textura inequigranular marcada por cristais esparsos de K-feldspato com tamanhos entre 1cm e 3cm. Em algumas áreas, como na parte alta do bairro Petrópolis, o granito tem uma textura

equigranular fina a média (1mm-2mm). Nos afloramentos ao longo da Av. Protásio Alves, entretanto, é freqüente a presença de corpos tabulares, bolsões e outras formas irregulares de dimensões centimétricas deste granito, cortando as litologias dos Gnaisses Porto Alegre. Nestes casos, o granito tem enorme variação textural na escala de afloramento, ocorrendo como uma complexa rede de veios, diques e bandas, alternando porções de natureza aplítica a pegmatóide, com espessuras da ordem de 5cm-15cm até 40cm-100cm ou mais. Os contatos são gradacionais e as formas são lobadas, irregulares a curvas.

Composicionalmente, são sienogranitos com alguns termos monzograníticos. A mineralogia essencial do Granito Independência é composta por K-feldspato do tipo Ortoclásio, com pouco Microclínio, plagioclásio, quartzo e biotita. Os principais minerais acessórios são titanita, zircão, apatita, alanita, opacos e turmalina. O K-feldspato tem forma prismática, pouco alongada a equigranular, subédrico, e mostra cor cinza-claro a branco. O plagioclásio mostra cor branca, forma prismática equidimensional e subédrica. O quartzo é amebóide e intersticial. A biotita ocorre como cristais intersticiais de cor preta e euédricos, e também, de maneira menos freqüente, como agregados.

O granito apresenta estrutura maciça. Próximo ao contato com o Granito Santana, no bairro Chácara das Pedras, ocorrem estreitas faixas centimétricas de protomilonitos. Neste caso o granito passa a apresentar forte orientação de biotita, estiramento de quartzo e orientação irregular de K-feldspato, além de uma matriz fina com texturas granoblástica e lepidoblástica média (0,2mm a 0,5mm).

É comum a ocorrência de xenólitos dos Gnaisses Porto Alegre. Os xenólitos mostram formas angulosas a subangulosas, de contatos nítidos, com limites retos a curvos e bem definidos. As dimensões variam desde 15cm-40cm até 100cm a 300cm. Uma área de gnaisses permanece de modo adjacente ao limite sudeste-leste desta unidade granítica, mostrando uma forma alongada, segundo a direção nordeste e estendendo-se desde a parte noroeste da cidade de Porto Alegre até o sul da cidade de Gravataí. Em toda esta extensão, os gnaisses são cortados por corpos tabulares do Granito Independência. A manutenção da orientação das estruturas tectônicas indica que as litologias dos Gnaisses Porto Alegre constituem pendentes de teto (*roof pendant*) sendo em parte sustentado pelo Granito Independência.



**Afloramento de granito com textura equigranular médio e estrutura bandada com nível irregular rico em biotita resultante da assimilação de fragmentos do Gnaisse Porto Alegre. Afloramento da Av. Protásio Alves, próximo ao nº 5.500. Foto Ruy Paulo Philipp**

São observadas ainda relações discordantes entre o Granito Independência e o Granito Viamão, ocorrendo corpos tabulares do primeiro cortando o segundo. Os corpos possuem espessuras métricas, contatos gradacionais e limites curvos a lobados. Estas relações podem ser observadas nas estradas internas do Campus da Ufrgs.

A atuação de esforços tectônicos está marcada de modo constante pela observação de feições de deformação em todos os minerais, como microfraturas, encurvamento de maclas, extinção ondulante, sobrecrecimentos e recristalização parcial do quartzo e dos feldspatos. As transformações da mineralogia ígnea são incipientes, gerando nas zonas mais deformadas tipos texturais como microbrechas de esmagamento e protomilonitos.

O Granito Independência foi muito utilizado como pedra de alicerce para obras de construção civil, como embasamento de casas, prédios e muros, e como pedra de calçamento de diversas ruas da cidade. A espessura variável do manto de alteração associada à presença de biotita e por vezes de muscovita, dificultam a estabilidade de taludes e ocasionam problemas de escorregamento e deslizamento em áreas muito intemperizadas.

## Granito Canta Galo

O Granito Canta Galo (Schneider et al., 1974) é definido como um corpo granítico de forma aproximadamente elíptica, com dimensões aflorantes, de aproximadamente 8km x 4km. Ocorre na porção sul-sudeste da Folha Porto Alegre, constituindo os morros da Extrema e São Caetano. Destaca-se na geomorfologia como um morro alongado segundo a direção N50°E. Os afloramentos são raros, ocorrendo somente blocos alterados, envolvidos por um espesso manto de alteração com cerca de 10m a 40m de profundidade. As descrições desta unidade foram obtidas a partir da observação de blocos soltos, resultantes da exploração da porção alterada do granito como saibro na construção civil.

A presença de xenólitos é rara, ocorrendo fragmentos centimétricos de rochas gnáissicas pertencentes aos Gnaisses Porto Alegre. Os contatos com o Granito Viamão estão encobertos, entretanto, sua forma circunscrita é indicativa de um contato discordante e intrusivo.

O Granito Canta Galo tem estrutura maciça em quase toda a sua extensão. Em algumas exposições, apresenta uma incipiente foliação magmática marcada pela orientação dimensional de cristais tabulares de K-feldspato, biotita e por alongamento do quartzo.

O granito mostra cor rosa-claro com pontos pretos e brancos definidos, respectivamente, por biotita e plagioclásio. A textura é equigranular grossa (8mm-10mm) a inequigranular, definida por

um baixo percentual de cristais tabulares de K-feldspato de 1,5cm a 2cm. O K-feldspato é o principal mineral da rocha, mostrando cor rosa a laranjada e formas quadráticas subédricas de 1cm a 3cm. O plagioclásio é branco com formas quadráticas subédricas a euédricas. O quartzo é incolor e mostra forma amebóide e intersticial. A biotita é preta e ocorre na forma de agregados intersticiais.

O Granito Canta Galo possui um manto de alteração muito espesso e foi utilizado ao longo das últimas décadas como uma das principais fontes de saibro para a região de Porto Alegre. A retirada de material da saibreira resultou na formação de uma grande depressão que recentemente foi utilizada para abrigar o Aterro Sanitário da Extrema.

## Granito Ponta Grossa

O Granito Ponta Grossa (Schneider et al., 1974) aflora na porção oeste da Folha Porto Alegre, na forma de pequenos corpos, contornando a margem do Guaíba nos bairros Ipanema, Guarujá, Serraria e Lami, estendendo-se também mais a noroeste, nos bairros Assunção, Vila Nova, Belém Velho, Belém Novo, Restinga, Santo Antônio e Santa Teresa. Em todas as exposições, o granito apresenta as mesmas características composicionais, mineralógicas e petrográficas, mantendo condições semelhantes de posicionamento. Estes fatores, aliados à composição química e à proximidade dos corpos, permitem o tratamento destes granitóides em uma mesma unidade lito-estratigráfica.

Os corpos graníticos possuem formas arredondadas a pouco alongadas para nordeste, apresentando diâmetros da ordem de 1km a 8km. As exposições do Granito Ponta Grossa caracterizam um relevo de morros e cristas, compondo três conjuntos de relevo principais. Ao noroeste, próximo do Lago Guaíba, os morros Santo Antônio e Santa Tereza constituem a denominada Crista da Primavera (Atlas Ambiental de Porto Alegre). Mais o oeste, as exposições constituem a parte final da Crista de Porto Alegre, o Morro do Osso e a Pedra Redonda, na porção norte de Ipanema. Ao sul, suas exposições constituem os morros Tapera e das Abertas, que representam estruturas controladas tectonicamente, de relevo positivo e com disposição alongada segundo a direção N25°E. Os afloramentos ocorrem de modo abundante com lajeados de dezenas a centenas de metros quadrados, campos de matações com diâmetros entre 4m e 20m, cortes de avenidas e leitos de drenagens.

O grau de alteração é médio, ocorrendo normalmente alterado. O solo é arenoso, pouco desenvolvido e de cor castanho-claro a alaranjada. As espessuras variam de 2m a 3m nos vales e menos de 30cm a 1m nas encostas e topos de morro. Comumente ocorrem excelentes exposições de um alterito de coloração rosada.

Em afloramento, é um leucogranito de cor rosa a avermelhada com textura equigranular grossa a média (5mm-10mm). Apresenta estrutura maciça e grande homogeneidade composicional e estrutural.

Petrograficamente, são sienogranitos com mineralogia essencial composta por K-feldspato, plagioclásio e quartzo, com muito pouca biotita de mineral máfico. Os minerais acessórios são titanita, zircão, apatita, alanita e opacos. A alanita e a titanita também ocorrem de maneira intersticial. O principal mineral é o K-feldspato, de cor rosa, com forma prismática pouco alongada a equidimensional e subédrico. O plagioclásio tem cor branca e forma prismática, euédrica a subédrica, zonado com o núcleo central alterado para epidoto granular e sericita. O quartzo é incolor e tem forma amebóide. A biotita é rara, tem cor preta, subédrica e ocorre de modo intersticial.

Os minerais apresentam-se muito pouco deformados, com evidências restritas a fragmentação e extinção ondulante do quartzo e de K-feldspato. Estas transformações também podem estar acompanhadas por uma cataclase, gerando zonas de cisalhamento frágeis de espessuras milímetro a centímetro, marcadas por um preenchimento dos espaços interclastos por fluorita de cor violeta. A biotita está freqüentemente alterada com uma incipiente transformação para agregados finos contendo epidoto, opacos, mica branca, biotita verde fina, clorita e titanita.

Contém raros enclaves máficos, com formas arredondadas e dimensões da ordem de 2cm a 15cm. Os contatos são bem definidos e curvos. Os enclaves mostram uma textura equigranular



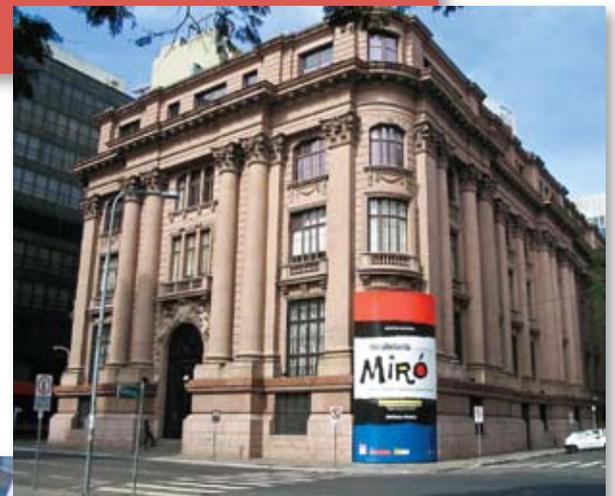
Fachada em granito da Catedral Metropolitana de Porto Alegre.

fina (1mm) e apresentam composição tonalítica a granodiorítica, sendo constituídos por K-feldspato, plagioclásio, biotita e quartzo.

Este granito foi muito utilizado na construção civil como pedra de alicerce e de calçamento. As antigas pedreiras situadas no Morro da Tapera serviram de fonte para os materiais rochosos para a construção de importantes prédios da região central de Porto Alegre. Dentre esses usos, destacam-se a Catedral Metropolitana de Porto Alegre, o Memorial do Rio Grande do Sul, o Santander Cultural e o embasamento do Museu Júlio de Castilhos.

Fachada em granito do Memorial do RS destacando o uso do Granito Ponta Grossa como material de construção civil.

Foto Ruy Paulo Philipp



Detalhe dos diversos tipos de acabamento utilizados nos blocos do Granito Ponta Grossa, embasamento do prédio do Memorial do RS.

Foto Ruy Paulo Philipp

## Granito Santana

O Granito Santana mostra uma forma de ampulheta, com seu posicionamento sendo controlado por uma zona de cisalhamento rúptil-dúctil subvertical de direção N45°E. Este corpo granítico tem forma alongada, constituindo a principal estrutura tectônica e feição geomorfológica de Porto Alegre, a denominada Crista de Porto Alegre (Atlas Ambiental de Porto Alegre). Desta maneira, os morros Santana, Companhia, Pelado, da Polícia, Teresópolis e da Pedra Redonda estão reunidos na forma de uma crista com aproximadamente 18km de extensão por 2km a 7km de largura. Este relevo destaca a imponência geográfica deste granito no cenário geomorfológico da Região Metropolitana de Porto Alegre.

Os afloramentos são abundantes, principalmente nas encostas dos morros e também nas drenagens que margeiam ambos os lados do corpo. No topo dos morros são freqüentes as exposições de lajeados, enquanto nas encostas ocorrem campos de matações e pequenos lajeados descontínuos. Destacam-se também as irregulares e antigas extrações de pedra para construção civil. Excelentes cortes de estrada podem ser encontrados no fim da Av. Bento Gonçalves, no topo da Av. Oscar Pereira e também nas proximidades das avenidas Nonoai, Cavalhada e Teresópolis. As pedreiras estão espalhadas ao longo dos limites do Granito Santana.

Comumente, o Granito Santana está pouco intemperizado com uma pequena cobertura de rocha alterada e níveis centimétricos de um litossolo arenoso, rico em grãos detritais de quartzo e K-feldspato. O solo mostra cor castanho-alaranjado a avermelhada, com pouca matriz argilosa. O granito tem cor rosa-claro a branca, que passa a avermelhada e mesmo castanho-avermelhada quando alterada. Em locais com muito aporte de fluídos aquosos, a deposição hidrotermal de  $MnO_2$  nas fraturas, pode gerar manchas irregulares de cor escura, por vezes, parecendo uma concentração de minerais máficos. Pontos e manchas vermelhas também representam a deposição de óxidos e hidróxidos de ferro. Tipicamente, este processo pode ser muito bem observado na pedreira da Construtora Zocoloto e na antiga pedreira do Grupo Azmus nas proximidades da Av. Antônio de Carvalho.

Composicionalmente, o Granito Santana é um Ortoclásio-microclínio granito com textura equigranular grossa a média (5mm-12mm) composta por uma trama dominada por K-feldspato e quartzo, com raras ocorrências de plagioclásio e biotita. Os minerais acessórios são titanita, zircão, apatita, alanita e opa-

cos. O K-feldspato é uma pertita, ocorrendo também ortoclásio e microclínio. É o principal mineral da rocha, tem cor rosa-claro a rosa-escuro, raramente branco, forma prismática alongada subédrica, e mostra textura mesoperítica. O quartzo é abundante, incolor e ocorre normalmente alongado. O plagioclásio é raro, mostra cor branca e forma quadrática, subédrico a euédrico. A biotita também é rara, tem cor preta, forma hexagonal, subédrica, ocorre de modo intersticial. Entre os minerais acessórios somente a titanita é comumente visível, tem forma losangular, cor castanho-escuro, euédrica e ocorre de modo intersticial.



**Aspecto macroscópico do Granito Santana na antiga pedreira da Construtora Zocoloto, com destaque para textura equigranular média e foliação magmática com disposição aproximadamente subvertical definida pelo alongamento do quartzo.**  
Foto Ruy Paulo Philipp

A estrutura do granito está bem marcada por uma foliação definida pela orientação dimensional do K-feldspato e biotita e, em zonas mais deformadas pelo alongamento do quartzo. Esta foliação é bastante penetrativa, ocorrendo praticamente em toda a extensão do corpo. Nos bordos do corpo, que são regiões mais deformadas, o granito adquire uma textura protomilonítica com quartzo estirado e uma lineação mineral sub-horizontal. Nestes locais, forma faixas de 15cm a 150cm de milonitos caracterizados pela presença de 35% a 55% de porfiroclastos (2mm-6mm) de K-feldspato envoltos por uma matriz grano-lepidoblástica fina, constituída predominantemente por quartzo. Esta matriz apresenta uma paragênese metamórfica relacionada a zonas de cisalhamento dúcteis com a formação de quartzo, epidoto, clorita, opacos anédricos, mica branca, titanita anédrica e carbonato. Em alguns locais, o granito está cortado por diques de riolito pórfiro de cor rosa. Estes diques têm espessuras de 15m a 5m e os contatos são retos a curvos.

Uma das feições mais características deste granito é o desenvolvimento de forte foliação primária, marcada pela orientação de feldspato e biotita, e pelo alongamento do quartzo. Disposta de modo paralelo, uma foliação tectônica é responsável pela intensa extinção ondulante e pelo estiramento, com

formação de subgrãos e recristalização do quartzo e pela formação de porfiroclastos de K-feldspato com intensa fragmentação de bordos e formação de subgrãos. Esta foliação tectônica, embora de baixa temperatura e pouca intensidade de transformação, é penetrativa e contínua em quase todo o corpo, com disposição subparalela a foliação magmática, tornando-se mais acentuada em direção aos bordos do corpo granítico.

As maiores pedreiras para extração de brita foram feitas sobre o Granito Santana, destacando as pedreiras das construtoras Azmus e Zocolloto.

## Diques Riolíptico, Dacíticos e Diabásios

Manifestações tardias do magmatismo da região de Porto Alegre, as rochas subvulcânicas estão representadas por enxames de diques ácidos e básicos e corpos de micromonzogranitos com formas arredondadas.

Os diques encontrados na região de Porto Alegre apresentam composições predominantemente ácidas, na sua maioria riolípticas, com dacitos, riodacitos e diabásios. Estas litologias ocorrem na forma de enxames de diques com vários corpos paralelos, direcionados segundo N10°-20°W e distribuídos preferencialmente nas adjacências do Granito Santana. As relações com as rochas graníticas e com os gnaisses são invariavelmente discordantes, e os contatos são retos e bem definidos. As espessuras variam de 2m até 30m, e as extensões, em geral, são da ordem de 2km a 6km. Nestas rochas subvulcânicas são registrados, ainda, xenólitos graníticos e xenocristais de K-feldspato, quartzo e plagioclásio relacionados às rochas graníticas.

Os riolitos são os diques mais expressivos, ocorrendo exposições nas avenidas Protásio Alves, Nilo Peçanha e nas imediações da Cristiano Fischer. Mostram cor rosa e textura porfirítica, definida pela presença de 2% a 7% de fenocristais de quartzo e K-feldspato de dimensões entre 1mm e 4mm. A matriz é afanítica e de composição quartzo-feldspática, com raros cristais de biotita. O K-feldspato é a sanidina, de cor rosa, forma prismática alongada a pouco alongada, euédrico a subédrico, com dimensões

entre 1mm a 4mm. O quartzo ocorre como cristais arredondados, por vezes com secções hexagonais, preservando parcialmente as faces prismáticas, subédrico a euédrico. Encontra-se pouco dissolvido, com raras faces com formas interlobadas. A biotita é muito rara, tem cor preta, forma hexagonal, subédrica e tamanhos na ordem de 1mm.

Os dacitos são raros e possuem cor verde-escuro, apresentam textura porfirítica com 2% a 15% de fenocristais de quartzo, plagioclásio, sanidina e hornblenda. A melhor exposição está situada na parte alta da Av. Protásio Alves. A matriz é muito fina, com textura granofírica, sendo constituída pelas mesmas fases que compõem a assembléia de fenocristais, por vezes, sem anfibólio. Os fenocristais de plagioclásio exibem formas prismáticas, euédricas a subédricas, com dimensões entre 1mm e 3mm, comumente com bordos corroídos e incipiente sobrecrecimento de epidoto e clorita, acompanhados por sericita e carbonato. O quartzo ocorre como cristais arredondados, por vezes com secções hexagonais, preservando parcialmente as faces prismáticas. Encontra-se fracamente dissolvido, com forma subarredondada e textura micrográfica nos bordos naquelas rochas em que o anfibólio é ausente na matriz. A hornblenda apresenta forma prismática, euédrico a subédrico, com inclusões de zircão, apatita e opacos.



**Dique de dacito que ocorre no terreno de um ferro velho no alto da Av. Protásio Alves próximo à Av. Saturnino de Brito. Destaca-se o caráter intrusivo e discordante contra os gnaisses e a textura porfirítica com fenocristais de plagioclásio de cor branca.**  
Foto Ruy Paulo Philipp

Nos diques dacíticos ocorrem enclaves máficos de composição básica a diorítica que mostram relações de mistura de magmas. Os enclaves têm dimensões entre 2cm e 15cm, formas arredondadas e contatos gradacionais. Comumente, os contatos são retilíneos a curvos, ocorrendo, entretanto, contatos gradacionais com limites lobados a irregulares. Apresentam textura equigranular muito fina (0,01mm a 0,3mm) com mineralogia à base de plagioclásio prismático e ripiforme, piroxênio do tipo augita e minerais opacos. Estas feições atestam a existência na região de Porto Alegre de um magmatismo básico com idade Neoproterozóica.

Os corpos micrograníticos possuem formas arredondadas com diâmetro entre 1km e 2km, e estão cortando as litologias do Gnaiss Porto Alegre e do Granito Independência. Mostram cor cinza-claro e composição em geral monzogranítica, com textura porfirítica definida por fenocristais de 1mm a 2mm de K-feldspato, plagioclásio e quartzo imersos em uma matriz equigranular fina (0,2mm-0,5mm) de composição quartzo-feldspática. A proporção de fenocristais é de aproximadamente 15% a 35% do volume da rocha. As rochas apresentam estrutura maciça. No interior dos microgranitos, é comum a ocorrência de enclaves máficos de dimensões entre 1cm e 10cm. Possuem cor preta, formas arredondadas a amebóides e textura afanítica a fanerítica muito fina (0,1mm-0,2mm). A composição é básica e apresenta uma forte transformação hidrotermal da paragênese ígnea, resultando em uma associação com albita, epidoto, clorita, actinolita e minerais opacos.



**Dique de diabásio intrusivo no Granito Santana e deformado por zona de cisalhamento rúptil-dúctil. Antiga pedreira da Construtora Zocoloto.**  
Foto Ruy Paulo Philipp

Os diques básicos (diabásio) possuem estrutura maciça e espessuras entre 1m e 4m, sendo raros e intrusivos nos granitos, mostrando contatos retilíneos e discordantes. Possuem diversas orientações, variando entre N50°-65°E, N40°W e E-W. As melhores exposições estão localizadas na antiga pedreira da Construtora Zocoloto, no Morro Santana. Nesse local, os diques estão deformados nos bordos com o desenvolvimento de foliação protomilonítica. As rochas básicas têm cor preta, estrutura maciça e textura equigranular fina. São constituídas essencialmente por plagioclásio e clinopiroxênio, por vezes com arranjo ofítico, resíduos subvítreos e com presença subordinada de minerais opacos. Processos hidrotermais afetam intensamente estas rochas, desenvolvendo uma assembléia mineral constituída por albita ripiforme com crescimento esferulítico, epidoto (pistacita), clorita e opacos.

Além de diques, as rochas básicas são registradas na forma de enclaves arredondados no interior dos dacitos, rioclitos e micromonzogranitos. Nestes enclaves, somando-se às formas arredondadas, se observam outras feições características de mistura de magmas (*mingling*), marcadas por abundantes xenocristais de quartzo, K-feldspato e plagioclásio, provenientes das encaixantes, e bordos resfriados naqueles enclaves de dimensões maiores. Halos de contaminação por difusão desenvolvem-se esporadicamente junto aos contatos que, de modo geral, são nítidos. No limite dos enclaves é comum a cristalização de pirita.



**Pavimentação da Praça da Alfândega e da Praça da Matriz, destacando os desenhos feitos com fragmentos de riolito de cor rosa e diabásio de cor preta.**  
Foto Ruy Paulo Philipp

Devido à homogeneidade apresentada com relação a estrutura, textura e cor, as rochas subvulcânicas, especificamente os riolitos e os diabásios, foram utilizados como objetos paisagísticos na decoração urbanística, principalmente na pavimentação de praças e calçadas. Destacam-se neste caso o piso da Praça da Alfândega na região central da cidade.

## Quaternário

O quaternário está representado no município por fácies pleistocênicas e holocênicas. Os leques aluviais alimentados pelo Escudo Pré-Cambriano correspondem a fácies formadas durante o Pleistoceno, que tiveram como área fonte as rochas ígneas e metamórficas do Escudo Sul-rio-grandense. As áreas graníticas e a curta distância do transporte resultaram em fácies com texturas e mineralogia imaturas. Petrograficamente, as fácies incluem diamictitos, conglomerados, arenitos e lamitos, e são friáveis devido ao elevado conteúdo de feldspato (Villwock & Tomazelli, 1995). Delaney (1965) caracterizou esse tipo de fácies como Formação Graxaim e Alterito Serra de Tapes. Na carta geológica de Porto Alegre Schneider *et al.* (1974) estão denominadas as formações.

O Alterito Serra de Tapes corresponde aos depósitos eluviais do Escudo, enquanto a Formação Graxaim, aos depósitos coluviais e aluviais parcialmente retrabalhados durante os períodos

transgressivos pleistocênicos, que geraram a Barreira II há 325 mil anos, na forma de terraços arenosos e a Barreira III, há 120 mil anos, representada na parte mais distal dos depósitos, por cordões arenosos (Menegat *et al.*, 1998).

Os sedimentos lagunares e marinhos, que incluem depósitos sedimentares mais recentes do tipo laguna-barreira IV, desenvolveram-se durante o Holoceno em função da última grande transgressão pós-glacial, há 5 mil anos. O mar até 5m acima do nível atual na Planície Costeira possibilitou a formação de uma barreira constituída por areias praias e eólicas (Villwock e Tomazelli, 1995). O período regressivo que se seguiu construiu cordões litorâneos paralelos, também denominados de feixes de restinga, bastante típicos das margens do Lago Guaíba na porção sul do município de Porto Alegre. Na Planície Costeira há outro exemplo bem característico ao sul da cidade de Rio Grande (Godolphim, 1976).

Ao norte do município, ocorrem depósitos deltáicos, terraços e planícies fluviais com origem nos últimos períodos transgressivos (120 mil anos e 5 mil anos). Sedimentos aluviais estão presentes ao longo dos arroios.

**Vista aérea da Praia do Lami com matas de restinga. Ao fundo, a Ponta do Cego, na Reserva Biológica do Lami.**



## Referências

- Babinski, M.; Chemale Jr., F.; Van Schmus, W.R.; Hartmann, L.A.; & L.C. Silva. 1997. U-Pb and Sm-Nd geochronology of the Neoproterozoic Granitic Gneissic Dom Feliciano Belt, Southern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, **10** (3-4): 263-274.
- Bitencourt, M.F. & Nardi, L.V.S. 2000. Tectonic setting and sources of magmatism related to the Southern Brazilian Shear Belt. **Revista Brasileira de Geociências**, **30**:184-187.
- Chemale Jr. F. 2000. Evolução Geológica do Escudo Sul-Riograndense. In: Holz, M.; De Ros, L.F. (ed.). **Geologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Centro de Investigação do Gondwana, Instituto de Geociências-UFRGS. p.13-54.
- Fernandes, L.A.; Tommasi, A. & C.C. Porcher. 1992. Deformation patterns in the southern Brazilian branch of the Dom Feliciano Belt: a reappraisal. **Journal of South American Earth Science**, **5** (1): 77-96.
- Frantz, J.C.; McNaughton, N.J.; Marques, J.C.; Hartmann, L.A.; Botelho, N.F. & Caravaca, G. 2003. SHRIMP U-Pb zircon ages of granitoids from southernmost Brazil: constrains on the temporal evolution of the Dorsal de Canguçu Transcurrente Shear Zone and Eastern Dom Feliciano belt. In: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, IV, 2003, Salvador, **Short Papers**, Salvador SBG, 1: 174-177.
- Godolphim, M.F.1976. Geologia do Holoceno costeiro do município de Rio Grande, RS. Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado. 145 p. (inédito)
- Hartmann, L.A., Leite, J.A.D., Da Silva, L.C., Remus, M.V.D., McNaughton, N.J., Groves, D.I., Fletcher, I.R., Santos, J.O.S. & Vasconcellos, M.A.Z. 2000. Advances in SHRIMP geochronology and their impact on understanding the tectonic and metallogenic Evolution of Southern Brazil. **Australian Journal of Earth Sciences**, **47**, 829-844.
- Hartmann, L.A., Chemale Jr., F.; Philipp, R.P. 2007. Evolução geotectônica do Rio Grande do Sul no Precambriano. Eds. Ianuzzi, R. & Frantz. J.C. **50 anos de Geologia. Instituto de Geociências. Contribuições**, Ed. Comunicação e Identidade, CIGO, IG-UFRGS, \_\_\_\_\_.
- Leite, J.A.D., Hartmann, L.A., McNaughton, N.J. & Chemale Jr., F. 1998. SHRIMP U/Pb zircon geochronology of Neoproterozoic juvenile and crustal-reworked terranes in southernmost Brazil. **International Geology Reviews**, **40**: 688-705.
- Menegat, R., Fernandes, L.A.D., Koester, E., Scherer, C.M.S. 1998. Porto Alegre antes do Homem: evolução geológica. In: Menegat, R. (org.) Atlas Ambiental de Porto Alegre. Porto Alegre, Editora da Universidade. p.11-20.
- Oliveira, L.D.; Koester, E. & Soliani Jr., E. 2001. Geoquímica das rochas graníticas pós-transcorrentes da região de Porto Alegre e Viamão, RS. **Geochimica Brasiliensis**, **15** (2): 65-92.
- Philipp, R.P. 1998. **A Evolução Geológica e Tectônica do Batólito Pelotas no Rio Grande do Sul**. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 255p.
- Philipp, R.P.; Nardi, L.V.S. & Bitencourt, M.F. 2000. O Batólito Pelotas no Rio Grande do Sul. In: M. Holz & L.F. De Ros. eds., **Geologia do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, Centro de Investigação do Gondwana-Instituto de Geociências, UFRGS, p.133-160.
- Philipp, R.P.; Machado, R.; Nardi, L.V.S. & Lafon, J.M. 2002. O magmatismo granítico Neoproterozóico do Batólito Pelotas no sul do Brasil: novos dados e revisão da geocronologia regional. **Revista Brasileira de Geociências**, **32** (2): 277-290.
- Philipp, R.P.; Machado, R. & Chemale Jr., F. 2003. Reavaliação e novos dados geocronológicos (Ar/Ar, Rb/Sr e Sm/Nd) do Batólito Pelotas no Rio Grande do Sul: implicações petrogenéticas e idade de reativação das zonas de cisalhamento. **Geologia USP, Série Científica**, 3: 71-84.
- Philipp, R.P. & Machado, R. 2005. The Neoproterozoic to Cambrian Granitic Magmatism of Pelotas Batholith, Southern Brazil. **Journal of South American Earth Science**, **19**: 461-478.
- Philipp, R.P.; Machado, R. & Chemale Jr., F. 2007. A geração dos granitoides Neoproterozóicos do Batólito Pelotas: evidências dos isótopos de Sr e Nd e implicações para o crescimento continental da porção sul do Brasil. Eds. Ianuzzi, R. & Frantz. J.C. **50 anos de Geologia. Instituto de Geociências. Contribuições**, Ed.Comunicação e Identidade, CIGO, IG-UFRGS, 59-77.
- Philipp, R.P.; Machado, R. & Chemale Jr., F. 2008. Novos dados geocronológicos do embasamento do Cinturão Dom Feliciano e dos granitoides pós-colisionais Neoproterozóicos da região de Porto Alegre, RS. **Revista Brasileira de Geociências** (submetido).
- Schneider, A.W.; Loss, E.L.; Pinto, J.F. 1974. Mapa geológico da folha Porto Alegre-RS. **Pesquisas Série Mapas** (7). Porto Alegre, UFRGS Instituto de Geociências.
- Soliani Jr., E. 1986. **Os dados geocronológicos do Escudo Sul-rio-grandense e suas implicações de ordem geotectônica**. São Paulo. 425p. Tese de Doutorado Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Silva, L.C.; McNaughton, N.J.; Hartmann, L.A. & Fletcher, I.R. 1999. SHRIMP U/Pb zircon dating of Neoproterozoic granitic magmatism and collision in the Pelotas Batholith, Southernmost Brazil. **International Geology Review**, **41**: 531-551.
- Villwock, J.A.; Tomazelli, L.J. 1995. Geologia costeira do Rio Grande do Sul. **Notas Técnicas** (8):2-45.
- Zanon, C.; Machado, R. & Philipp, R.P. 2006. Petrografia e geoquímica dos diques félsicos e máficos associados ao Batólito Pelotas na região de Piratini. **Revista Brasileira de Geociências**, **36** (1): 19-30.

# Solos

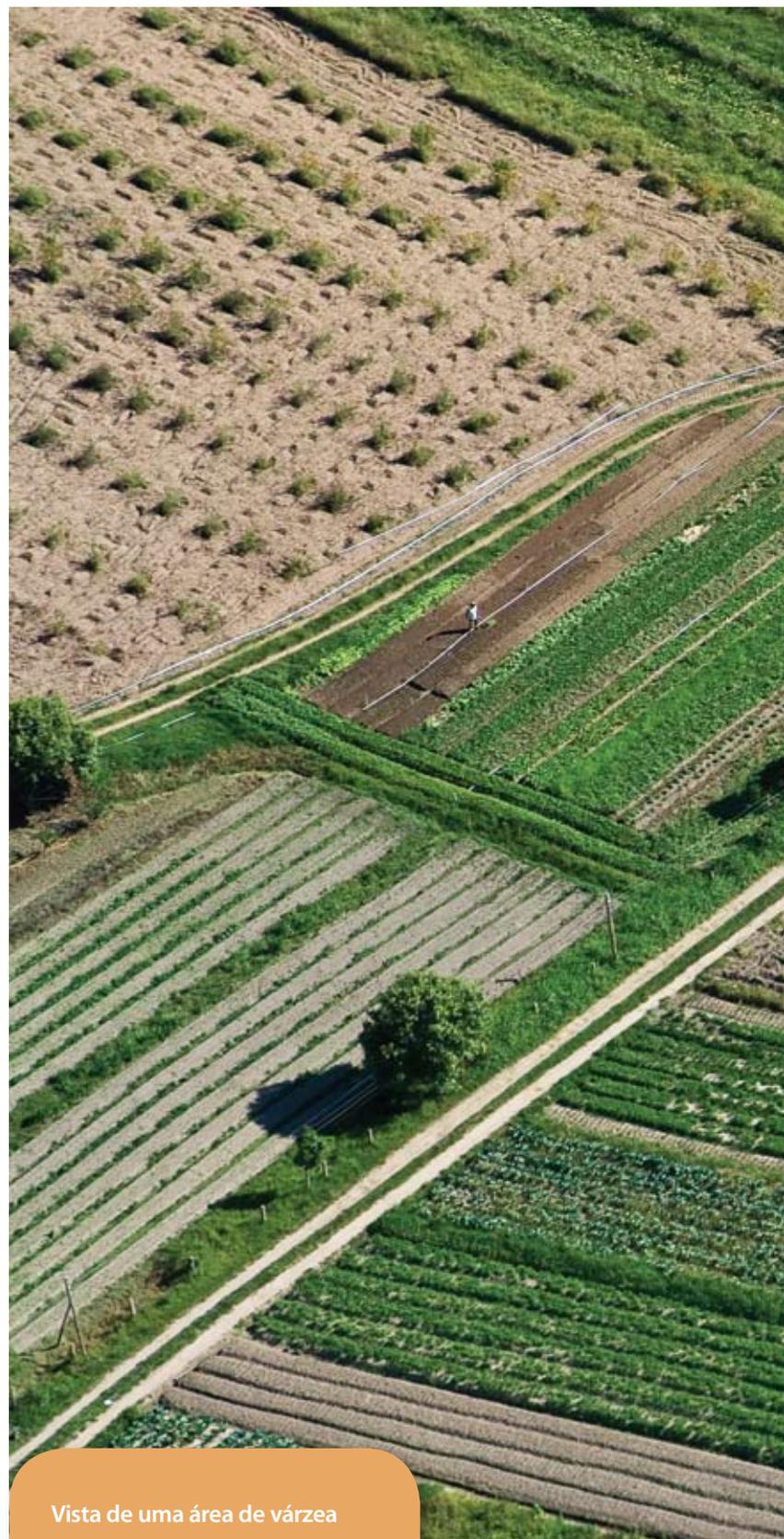
## Introdução

O objetivo deste capítulo é mostrar, descrever e mapear os tipos de solos existentes no município de Porto Alegre, a fim de fornecer informações que permitam um planejamento racional e um desenvolvimento equilibrado do uso de suas terras.

O levantamento de solos fornece informações básicas sobre suas propriedades e gerou uma multiplicidade de informações, como a determinação para a aptidão agrícola, áreas preferenciais para o desenvolvimento urbano, áreas passíveis de serem usadas para descarte de resíduos industriais e domésticos, entre outros. Os resultados deste trabalho estão desenvolvidos nas unidades de mapeamento e no mapa de solos.

A seguir estão descritos e/ou referenciados os procedimentos, materiais e equipamentos usados na execução do levantamento que realizou a caracterização das Unidades de Mapeamento – cada tipo de unidade de mapeamento de solos, que é o conjunto de delineamentos com mesmos tipos de solos, encontrado no mapa. No mapa estão especificadas a composição, o tipo, as inclusões e a caracterização da área de ocorrência.

Neste Diagnóstico também estão caracterizadas as Unidades Taxonômicas, onde estão evidenciadas as características gerais e a ocorrência dessas unidades com fotos e perfis representativos.



Vista de uma área de várzea nas imediações do Morro São Pedro, mostrando canteiros de hortigranjeiros, onde ocorre Planossolos e Gleissolos.



solos



# Solos - mapeamento das unidades de solos

## Métodos

### Mapeamento dos solos

O levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos foi realizado através de foto-interpretação sobre imagens aéreas com escala de 1:40.000 e observações a campo. Para a transferência dos delineamentos das unidades de mapeamento de solos (UM) das fotografias para a produção do mapa final de solos, as fotografias aéreas foram georreferenciadas com apoio das cartas 1:50.000 do Serviço Geográfico do Exército, e os delineamentos, correspondentes às UM, foram digitalizados na tela do computador.

### Caracterização dos solos

A descrição morfológica e a coleta de amostras dos perfis modais das classes taxonômicas identificadas na área foram realizadas de acordo com o Manual de Descrição e Coleta de Solo a Campo (Lemos & Santos, 1996). Os perfis representativos dos solos de Porto Alegre estão detalhados em arquivo anexo gravado no CD que acompanha esta obra.

### Análises de solo

Na fração terra fina seca ao ar, obtida após secagem e peneiragem das amostras, foram feitas as seguintes análises físicas e químicas, seguindo a metodologia adotada pela Embrapa (1997): granulometria (percentagem de areia grossa e fina, silte e argila), argila dispersa em água, cálcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{+2}$ ), sódio ( $\text{Na}^{+}$ ), potássio ( $\text{K}^{+}$ ), alumínio ( $\text{Al}^{+3}$ ), hidrogênio mais alumínio ( $\text{H}^{++}\text{Al}^{+3}$ ), fósforo (P) assimilável e seu índice de acidez (pH em água). Com os resultados obtidos foram calculados a soma de bases (S), a capacidade de troca de cátions (T), a saturação de bases (V) e a saturação com alumínio.

### Classificação taxonômica dos solos

Os solos foram classificados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999) até o quarto nível categórico.

## Caracterização das unidades de mapeamento de solos

A representação gráfica da ocorrência e da distribuição geográfica das unidades taxonômicas no mapa de solos constitui as unidades de mapeamento (UM). As unidades de mapeamento mostram no mapa a localização, a extensão, o arranjo e a disposição das unidades taxonômicas de solos no terreno. Na legenda do mapa, a unidade de mapeamento é identificada pelo nome da unidade taxonômica. Uma unidade taxonômica corresponde a uma classe de solo de um determinado nível categórico do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999).

As unidades de mapeamento podem ser formadas por uma ou mais unidades taxonômicas. Quando formada por uma única unidade taxonômica dominante, tem-se uma unidade de mapeamento simples, que pode apresentar inclusões de outras unidades taxonômicas ou variações (de profundidade, textura etc) da unidade taxonômica dominante. Inclusões são áreas menores de outras unidades taxonômicas que ocorrem dentro da unidade de mapeamento e que não são mapeáveis na escala aplicada. Neste nível de mapeamento podem ocorrer até 30% de inclusões dentro das unidades de mapeamento.

Quando a unidade de mapeamento é constituída por duas ou mais unidades taxonômicas, ela pode ser do tipo associação de solos ou grupo indiferenciado de solos.

A associação de solos é um grupamento de duas ou mais unidades taxonômicas distintas que ocorrem associadas geográfica e regularmente segundo um padrão bem definido, ocupando diferentes posições na paisagem. O mapeamento destas unidades taxonômicas na forma de unidades de mapeamento simples é viável em levantamentos de solos mais detalhados.

Os grupos indiferenciados de solos são constituídos pela combinação de duas ou mais unidades taxonômicas com semelhanças morfogenéticas e, portanto, pouco diferenciadas, permitindo práticas de uso e manejo similares.

Em função da escala de trabalho e da complexidade da ocorrência dos solos na paisagem, neste levantamento de solos realizado no município de Porto Alegre, as nove classes taxonômicas mapeadas foram agrupadas em 12 diferentes unidades de mapeamento (UM), represento das por uma unidade de mapeamento simples, um grupo indiferenciado de solos,

nove associações de solos e uma unidade de mapeamento constituída por tipos de terreno (TT). Tipos de terrenos são superfícies alteradas por atividade antrópica (remoções, aterros, terraplanagens etc).

As unidades de mapeamento delineadas no mapa deste levantamento de solos são a seguir caracterizadas. Descrições mais detalhadas das características de cada tipo de solo (classe taxonômica) são apresentadas na caracterização das unidades taxonômicas.

## Unidade de Mapeamento PV2: Associação de **Argissolos Vermelhos** ou **Argissolos Vermelho-amarelos** com **Cambissolos Háplicos**

Topos e encostas de elevações em relevo ondulado e fortemente ondulado, e nos terços inferiores de encostas de morros em relevo fortemente ondulado e montanhoso. É constituída por Argissolos Vermelhos (PV) ou Argissolos Vermelho-amarelos (PVA) associados com Cambissolos Háplicos (CX), sendo que estes últimos estão localizados nas zonas de relevo forte ondulado, enquanto os Argissolos estão localizados nas áreas de relevo ondulado.

Encostas inferiores dos morros da Pedra Redonda e São Pedro, onde ocorrem Argissolos Vermelhos e Vermelho-amarelos e Cambissolos Háplicos. No topo do Morro São Pedro predominam Neossolos Litólicos e Regolíticos.



## Unidade de Mapeamento PV1: Grupo Indiferenciado de **Argissolos Vermelhos** e **Argissolos Vermelho-amarelos**

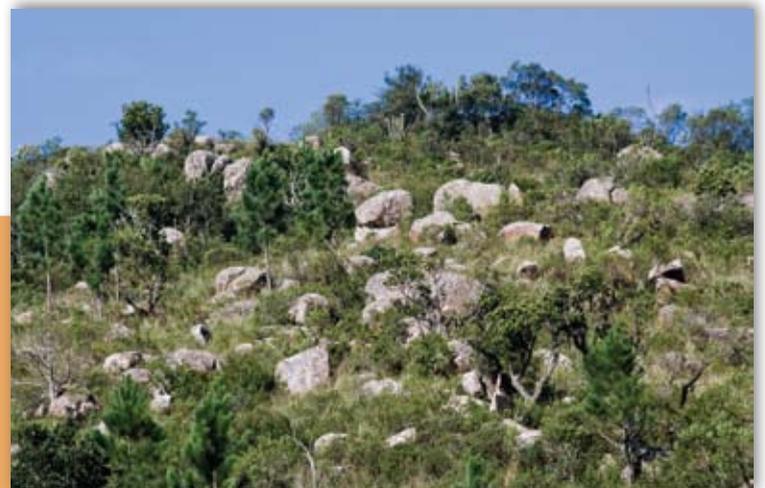
Topos e encostas de elevações em relevo suavemente ondulado e ondulado. É constituída por Argissolos Vermelhos (PV) e Argissolos Vermelho-amarelos (PVA), que não foram diferenciados no mapa por causa da dificuldade de separação e da semelhança entre as duas unidades taxonômicas, diferindo basicamente pela cor. Nas áreas mapeadas como pertencentes a esta UM, podem ocorrer ainda inclusões (áreas menores não mapeáveis na escala aplicada) de Cambissolos Háplicos (CX), Neossolos Litólicos (RL) e Neossolos Regolíticos (RR).

Entre os locais de ocorrência estão: nas zonas Norte e Central, parte dos bairros Rubem Berta, Sarandi, Petrópolis e Mont' Serrat.

Topo do Morro Agudo: Cambissolos Háplicos com Neossolos.

Nas áreas mapeadas com estes solos podem ocorrer ainda inclusões (áreas menores não mapeáveis na escala aplicada) de Cambissolos Háplicos (CX), Neossolos Litólicos (RL) e Neossolos Regolíticos (RR).

Maior incidência na Zona Sul, em partes da Medianeira, Restinga, Lomba do Pinheiro e no Parque Saint-Hilaire.



## Unidade de Mapeamento CX: Associação de Cambissolos Háplicos com Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos

Topos e encostas de morro, em relevo fortemente ondulado a montanhoso, constituindo-se na Associação de Cambissolos Háplicos (CX) com Neossolos Litólicos (RL) ou Neossolos Regolíticos (RR). Podem ocorrer inclusões (áreas menores não mapeáveis na escala aplicada) de Argissolos (PV) e afloramentos de rochas (AR).

Apresenta-se entre a região dos morros na Zona Sul, Ponta Grossa, Ponta do Cego, Morro São Pedro e da Extrema.

## Unidade de Mapeamento SG1: Associação de Planossolos Hidromórficos, Gleissolos Háplicos e Plintossolos Argilúvicos

Associação de Planossolos Hidromórficos, Gleissolos Háplicos (GX) e Plintossolos Argilúvicos (FT), ocorre em planícies aluviais e lagunares com microrrelevo. Como inclusões podem ocorrer solos Neossolos Quartzarênicos (RQ) e Neossolos Flúvicos (RU).

Podem ser encontrados nos bairros Cidade Baixa, Farrupilha, Navegantes, parte de Ipanema, entre outros.

Várzea de campo úmido na região de Belém Novo com Planossolos Hidromórficos, Gleissolos e Plintossolos.



## Unidade de Mapeamento SG2: Associação de Planossolos Hidromórficos, Gleissolos Háplicos e Neossolos Flúvicos

Associação de Planossolos Hidromórficos (SG), Gleissolos Háplicos (GX) e Neossolos Flúvicos (RU), ocorrendo em áreas marginais ao longo de arroios em relevo plano.

Ocorre nos bairros Menino Deus, Tristeza, Serraria, parte da Ponta Grossa e Belém Novo.



Banhados na Ilha da Pintada, no Parque Estadual Delta do Jacuí, com associação de Gleissolos e Neossolos Flúvicos no interior da ilha e associação de Neossolos Flúvicos e Tipos de Terreno na costa.



Área de aterro  
(Tipos de Terreno)  
onde se situam o  
Parque da Harmonia  
e o Parque Marinha  
do Brasil.

### Unidade de Mapeamento GX: Associação de **Gleissolos Háplicos** e **Planossolos Hidromórficos**

Planícies aluviais e lagunares, constituindo-se na associação de Gleissolos Háplicos (GX) e Planossolos Hidromórficos (SG), podendo apresentar como inclusões manchas de Gleissolos Melânicos (GM), que apresentam horizonte superficial mais escuro e mais rico em matéria orgânica que os Gleissolos Háplicos (GX).

Esta associação de solos é predominante no extremo sul de Porto Alegre: na Reserva Biológica do Lami José Lutzenberger, parte de Belém Novo, Serraria, Ponta Grossa e Hípica.

### Unidade de Mapeamento G1: Associação de **Gleissolos** e **Neossolos Flúvicos**

Planícies aluviais situadas nas ilhas do Delta do Jacuí, composta por uma associação de Gleissolos (G) e Neossolos Flúvicos (RU), podendo apresentar inclusões de Organossolos (O).

Ocorre na maior parte do Arquipélago e parte da Reserva Biológica do Lami José Lutzenberger.

Praia do Lami  
com Neossolos  
Quartzarênicos  
e Gleissolos.



### Unidade de Mapeamento G2: Associação de **Gleissolos, Planossolos** e Tipos de Terreno

Planícies aluviais e lagunares que tiveram parte de suas áreas alteradas pela ação humana, caracterizando os tipos de terreno (TT). Nas áreas não alteradas ocorrem Gleissolos (G), podendo também ocorrer inclusões de Plintossolos Argilúvicos (FT).

Na região do extremo norte do município: Várzea do Gravataí, parte dos bairros Humaitá, Anchieta, São João e Sarandi.

## Unidade de Mapeamento RQ: Associação de **Neossolos Quartzarênicos** e **Gleissolos**

Feixes de restinga ocupando relevo plano e suavemente ondulado no sul do município de Porto Alegre, constituindo-se de associação de Neossolos Quartzarênicos (RQ) e Gleissolos (G), podendo também ocorrer inclusões de Gleissolos Melânicos (GM).

Ocorrência no litoral dos bairros Serraria, Ponta Grossa e Belém Novo, na Praia do Lami e no entorno da Reserva Biológica do Lami José Lutzenberger.

## Unidade de Mapeamento RU2: Associação de **Neossolos Flúvicos** e Tipos de Terreno

Diques marginais e aterros ocupando relevo plano nas bordas das ilhas do Delta do Jacuí, apresentando-se como uma associação de Neossolos Flúvicos (RU) e tipos de terreno. Podem apresentar inclusão de Gleissolos (G).

Aparece em grande parte da Ilha do Laje, nas margens do Rio Jacuí, no Saco da Alemoa e dos Assombrados, e nas margens do Canal Furado Grande, todos no Arquipélago.

## Unidade de Mapeamento RU1: **Neossolos Flúvicos**

Planícies aluviais situadas em ilhas do Delta do Jacuí. Nestas áreas também podem ocorrer inclusões de Gleissolos (G).

Apresenta-se em pequenas ilhas do Arquipélago.

### Tabela

Descrição geral da área de ocorrência, inclusões e classes taxonômicas que compõem as Unidades de Mapeamento (UM) de solos identificadas no município de Porto Alegre.

Símbolo	Descrição da Unidade de mapeamento	Inclusões	Descrição geral da área de ocorrência
PV1	Grupo indiferenciado de <b>Argissolos Vermelhos</b> e <b>Argissolos Vermelho-amarelos</b>	C, RL e RR	Topo e encosta de elevações, em relevo suavemente ondulado e ondulado
PV2	Associação de <b>Argissolos Vermelhos</b> ou <b>Argissolos Vermelho-amarelos</b> com <b>Cambissolos Háplicos</b>	C, RL, RR	Topo e encosta de elevações, em relevo ondulado e fortemente ondulado e nos terços inferiores de encostas de morros em relevo fortemente ondulado e montanhoso
CX	Associação de <b>Cambissolos Háplicos</b> com <b>Neossolos Litólicos</b> ou <b>Neossolos Regolíticos</b>	PV, AR	Topo e encosta de morro, em relevo fortemente ondulado a montanhoso
SG1	Associação de <b>Planossolos Hidromórfico</b> , <b>Gleissolos Háplicos</b> e <b>Plintossolos Argilúvicos</b>	RQ, RU	Planícies aluviais e lagunares com microrrelevo
SG2	Associação de <b>Planossolos Hidromórfico</b> , <b>Gleissolos Háplicos</b> e <b>Neossolos Flúvicos</b>	FT, RQ	Áreas marginais ao longo de arroios em relevo plano
GX	Associação de <b>Gleissolos Háplicos</b> e <b>Planossolos Hidromórficos</b>	GM	Planícies aluviais e lagunares
G1	Associação de <b>Gleissolos</b> e <b>Neossolos Flúvicos</b>	O	Planícies aluviais situadas nas ilhas do Delta do Jacuí
G2	Associação de <b>Gleissolos</b> , <b>Planossolos</b> e <b>Tipos de Terreno</b>	FT	Planícies aluviais e lagunares com áreas alteradas pela ação humana
RQ	Associação de <b>Neossolos Quartzarênicos</b> e <b>Gleissolos</b>	GM	Feixes de restinga ocupando relevo plano e suavemente ondulado
RU1	<b>Neossolos Flúvicos</b>	G	Planícies aluviais situadas em ilhas do Delta do Jacuí
RU2	Associação de <b>Neossolos Flúvicos</b> e <b>Tipos de Terreno</b>	G	Diques marginais e aterros ocupando relevo plano nas bordas das ilhas do Delta do Jacuí
TT	<b>Tipos de Terreno</b>		Áreas com influência antrópica (aterros, pedreiras etc)

## Unidade de Mapeamento TT: Tipos de Terreno

Áreas fortemente alteradas pela ação humana, na forma de áreas de empréstimo, decapagem, terraplenagem e aterros com materiais diversos (entulhos de construção, lixo, resíduos industriais e outros). Nestas situações o solo original foi removido parcial ou totalmente, ou foi soterrado pelo material depositado. Pelo fato de não haver até o presente previsão para inclusão destes solos no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, eles são referidos por termos genéricos, tais como solos construídos, solos urbanos, solotecnogênicos, tipos de terreno e outros. No Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre, é usado o termo tipos de terreno para designar esses solos. Como características gerais desses solos observa-se: 1) uma grande variabilidade espacial; 2) a estrutura alterada pela compactação; 3) aeração e drenagem reduzidas; e 4) a presença de contaminantes. A grande variabilidade dessas áreas exige um estudo específico de cada situação.

Os TTs são encontrados em maior ou menor proporção em praticamente todas as unidades de mapeamento, sendo destacados em uma unidade de mapeamento simples onde sua extensão é mapeável e em associação com outras UMs combinadas. As áreas urbanizadas, apesar de constarem no mapa de solos como constituídas por diversas unidades de solos, constituem em grande parte TTs, devido a sua significativa alteração no processo de urbanização.

A tabela a seguir apresenta uma síntese das unidades de mapeamento descritas, indicando o símbolo da UM, o tipo de UM, as classes taxonômicas de solos, a descrição geral das áreas de ocorrência e a ocorrência de solos pertencentes a outras classes taxonômicas (inclusões).

Há ocorrência no entorno das avenidas Presidente Castelo Branco e Mauá; entre as avenidas Edvaldo Pereira Paiva, Borges de Medeiros e Padre Cacique; nas avenidas Diário de Notícias e Icaraí; e na rodovia BR 290, que corta a Ilha do Pavão, a Ilha Grande dos Marinheiros e a Ilha das Flores, no Delta do Jacuí.

## Caracterização das unidades taxonômicas

No levantamento, os solos foram classificados conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999), pelo qual cada solo identificado e classificado constitui uma unidade taxonômica, que corresponde a uma classe de solo. A seguir, são apresentadas as características gerais e ocorrência das diversas unidades taxonômicas de solos que compõem as unidades de mapeamento, que são:

## Argissolos Vermelhos Distróficos (PVd) típicos

Solos profundos, alcançando espessuras de 1,50m ou maior até a rocha alterada (saprólito de granito), apresentando um perfil com seqüência de horizontes A-Bt-C. Estes solos são identificados (em cortes de estrada ou trincheiras) pela coloração avermelhada-escura do horizonte Bt associada a sua textura mais argilosa em relação ao horizonte A de cor mais acinzentada. A cor avermelhada do horizonte Bt é indicativa da condição de solo bem drenado, isto é, com ausência de encharcamento prolongado após as chuvas. Dependendo da composição da rocha de origem (granitos), estes solos podem apresentar uma proporção significativa de fração grosseira (cascalho) constituída por quartzo. Quanto à sua fertilidade química, estes solos são qualificados como distróficos, isto é, são ácidos e apresentam uma baixa disponibilidade de nutrientes para as plantas; em conseqüência, quando utilizados para a produção agrícola, necessitam de aplicações regulares de corretivos (calcário, matéria orgânica) e fertilizantes.



de corretivos (calcário, matéria orgânica) e fertilizantes.

Os Argissolos Vermelhos ocupam áreas de relevo ondulado a suavemente ondulado, geralmente ocorrendo associados com Argissolos Vermelho-amarelos que ocupam uma posição topográfica inferior, ambos compondo uma unidade de mapeamento do tipo grupo indiferenciado (ver tabela anterior).

Perfil de Argissolo Vermelho (PV).  
Foto dos autores

## Argissolos Vermelho-amarelos Distróficos (PVAd) típicos

Quanto à profundidade, material de origem, seqüência de horizontes e textura, estes solos são semelhantes aos Argissolos Vermelhos Distróficos típicos (PVD), diferenciando-se destes pela coloração vermelho-amarelada do horizonte Bt. A cor mais amarelada do horizonte Bt é indicativa da condição de solo bem a moderadamente drenado, isto é, a remoção mais lenta

da água possibilita um encharcamento mais prolongado após as chuvas. Dependendo da composição da rocha de origem (granitos), estes solos podem apresentar uma proporção significativa de fração grosseira (cascalho) constituída por quartzo. Quanto à sua fertilidade química, estes solos são qualificados como distróficos, isto é, são ácidos e apresentam uma baixa disponibilidade de nutrientes para as plantas; em conseqüência, quando utilizados para a produção agrícola, necessitam de aplicações regulares de corretivos (calcário, matéria orgânica) e fertilizantes.

Os Argissolos Vermelho-amarelos ocupam áreas de relevo ondulado a suavemente ondulado, geralmente ocorrendo associados com Argissolos Vermelhos que ocupam uma posição topográfica mais elevada, ambos compondo uma unidade de mapeamento do tipo grupo indiferenciado.

### Cambissolos Háplicos Ta Distróficos (CXvd) típicos

São solos rasos (profundidade inferior a 1m) até profundos, apresentando no perfil uma seqüência de horizontes A-Bi-C. A coloração destes solos é acinzentada no horizonte A e mais avermelhada ou amarelada no horizonte B, enquanto que o horizonte C tem uma coloração variegada (vermelho, amarelo, cinzento, branco) comumente observada no saprólito de granito. As diferentes profundidades (solos rasos a profundos) e colorações (avermelhados a amarelados) caracterizam as diversas variações de Cambissolos Háplicos. A coloração avermelhada e amarelada do horizonte Bt é, respectivamente,

indicativa da condição de solo bem a moderadamente drenado. Dependendo da composição da rocha de origem (granitos), estes solos podem apresentar uma proporção significativa de fração grosseira (cascalho) constituída por quartzo. Quanto à sua fertilidade química, os solos são qualificados como distróficos, isto é, são ácidos e apresentam uma baixa disponibilidade de nutrientes para as plantas; em conseqüência, quando utilizados para a produção agrícola,



Perfil de Cambissolo Háplico (CX).  
Foto dos autores

necessitam de aplicações regulares de corretivos (calcário, matéria orgânica) e fertilizantes.

Os Cambissolos Háplicos ocupam um relevo ondulado a fortemente ondulado, isto é, mais acidentado do que as áreas ocupadas pelos Argissolos. Ocorrem associados com Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos (ver tabela anterior).

### Neossolos Litólicos Distróficos (RLd) típicos

São solos rasos, apresentando perfis com uma seqüência de horizontes A-C-R ou A-R, onde a rocha (camada R) situa-se a partir de 50cm ou menos da superfície. A coloração do solo é bruno-avermelhada-escura no horizonte A e geralmente variegada (vermelho, amarelo, cinzento) no horizonte C. Devido a sua ocorrência em relevo forte ondulado a montanhoso, os Neossolos Litólicos são bem drenados; entretanto, quando situados em depressões do relevo acidentado podem apresentar períodos de encharcamento devido à acumulação das águas de escoamento das cotas mais elevadas. Dependendo da composição da rocha de origem (granitos), estes solos podem apresentar uma proporção significativa de fração grosseira (cascalho) constituída por quartzo. Quanto à sua fertilidade química, os solos são qualificados como distróficos, isto é, são ácidos e apresentam uma baixa disponibilidade de nutrientes para as plantas; sua utilização para a produção agrícola é limitada pela pequena profundidade desses solos.

Os Neossolos Litólicos geralmente ocorrem associados com Neossolos Regolíticos e Cambissolos Háplicos, constituindo uma unidade combinada na forma de "associação" (ver tabela anterior).



Perfil de Neossolo Litólico (RL).  
Foto dos autores

## Neossolos Regolíticos Distróficos (RRd) típicos

Solos rasos a medianamente profundos, apresentando perfis com uma seqüência de horizontes A-C-R, onde a rocha (camada R) situa-se em profundidade maior do que 50cm da superfície. A coloração do solo é brunada no horizonte A e geralmente variada (vermelho, amarelo, cinzento) no horizonte C. Uma feição marcante desses solos é o fato da topografia da transição entre os horizontes A e C ser irregular ou ondulada, o que é visualizado no perfil na forma de “línguas” de material do horizonte A penetrando no horizonte C.

Devido a sua ocorrência em relevo forte ondulado a montanhoso, os Neossolos Regolíticos são bem drenados. Entretanto, quando situados em depressões do relevo acidentado podem apresentar períodos de encharcamento devido à acumulação das águas de escoamento das cotas mais elevadas. Dependendo da composição da rocha de origem (granitos), estes solos podem apresentar uma proporção significativa de fração grosseira (cascalho) constituída por quartzo. Quanto à sua fertilidade química, os solos são qualificados como distróficos, isto é, são ácidos e apresentam uma baixa disponibilidade de nutrientes para as plantas. Sua utilização para a produção agrícola é limitada pela pequena profundidade desses solos.



Perfil de Neossolo Regolítico (RR).  
Foto dos autores

Os Neossolos Regolíticos geralmente ocorrem associados com Neossolos Litólicos e Cambissolos Háplicos, constituindo uma unidade combinada na forma de “associação” (ver tabela anterior).

## Neossolos Quartzarênicos Órticos (RQo) típicos

São solos profundos, apresentando perfis com uma seqüência de horizontes A-C, todos de textura muito arenosa, constituída essencialmente por grãos de quartzo. Estes solos têm uma coloração

bruno a bruno-claro-acinzentada e sua drenagem varia de bem drenados (posição convexa) a mal drenados (posição côncava) conforme a posição topográfica que ocupam nos feixes de restingas. Quanto a sua fertilidade química, os solos são moderadamente ácidos e apresentam uma baixa disponibilidade de nutrientes para as plantas; sua utilização para a produção agrícola é limitada devido a sua textura

arenosa, sendo preferencialmente mantidos com cobertura de pastagens e com florestamento.

Os Neossolos Quartzarênicos são originados em sedimentos arenosos quaternários que constituem feixes de restingas nas margens do Lago Guaíba na parte sul do município, ocupando um relevo plano a suavemente ondulado. Nas áreas foram mapeados em associação com Gleissolos Háplicos.



Perfil de Neossolo Quartzarênico (RQ).  
Foto dos autores

## Neossolos Flúvicos Tb Distróficos (RUbd) típicos

Solos originados de sedimentos fluviais, compondo uma estratificação de sedimentos de granulometria variável. Apresentam uma seqüência de horizontes A-C, mostrando uma distribuição irregular de matéria orgânica e uma composição granulométrica variável com a profundidade do perfil de solo. Devido à variabilidade do material de origem (sedimentos fluviais), estes solos têm características físicas e químicas também variáveis.

Ocorrem nas planícies e terraços de inundação do Lago Guaíba na forma de unidades de mapeamento simples e combinadas com Gleissolos e tipos de terreno (ver tabela anterior).

## Plintossolos Argilúvicos (FT) Distróficos ou eutróficos

São solos profundos, alcançando espessuras de 1,50m ou maior, apresentando um perfil com uma seqüência de horizontes

A-Bf-C, imperfeitamente drenado; a característica marcante deste solo é o horizonte Bf mais argiloso com predomínio de coloração acinzentada com mosqueados avermelhados e amarelados, correspondendo respectivamente a zonas de depleção (matriz cinzenta) e de concentração (mosqueados) de óxidos de ferro. Estas feições são típicas de ambientes onde a oscilação do lençol freático e a presença de matéria orgânica proporciona alternância de períodos com

excesso de umidade (condição favorável para redução química) e de ambiente aerado (condição favorável para oxidação química) no solo. Estes solos ocorrem nas zonas baixas da paisagem, situando-se em posição intermediária entre os terraços mais elevados e as várzeas mal drenadas, dentro do relevo geral plano a suavemente ondulado, formando uma unidade de mapeamento combinada com Planossolos Hidromórficos e Gleissolos Háplicos associados (ver tabela anterior).



Perfil de  
Plintossolo  
Argilúvico (FT).  
Foto dos autores

## Planossolos Hidromórficos (SG) Distróficos ou eutróficos, espessarênicos ou típicos

Solos imperfeitamente a mal drenados encontrados nas áreas de várzea, com relevo plano a suavemente ondulado. Apresentam uma seqüência de horizontes A-E-Btg-C, com o horizonte A de coloração mais escura, o horizonte E de cor clara e mais arenoso, e uma mudança abrupta para o horizonte Btg, bem mais argiloso e de cor acinzentada. Esta mudança súbita no perfil do solo, de camadas mais arenosas (horizontes A e E) para uma camada mais argilosa (horizonte Btg), é responsável pela retenção da água e o conseqüente encharcamento do solo. Devido a essas feições, os Planossolos são aptos para o cultivo de arroz irrigado. Apresenta sistemas de drenagem eficientes, onde também podem ser usados para outras culturas (milho, pastagens e outras), porém apresentam risco de inundação. Os Planossolos têm variações quanto: 1) a espessura dos horizontes A+E que pode alcançar até 1,7m, o que identifica os espessarênicos; 2) ao horizonte B que pode apresentar alta saturação por sódio em algumas áreas; 3) maior ou menor gradiente tex-



tural entre os horizontes A+E e Btg; e 4) a presença de mosqueados de plintita no horizonte Btg.

Os Planossolos Hidromórficos estão incluídos em diferentes unidades de mapeamento em combinação com Gleissolos Háplicos, Plintossolos Argilúvicos e Neossolos Flúvicos (ver tabela anterior).

Perfil de  
Planossolo  
Hidromórfico (SG).  
Foto dos autores

## Gleissolos Háplicos (GX) Distróficos ou eutróficos típicos

Solos profundos, muito mal drenados, de coloração acinzentada ou preta, apresentando um perfil com seqüência de horizontes A-Cg ou A-Bg-Cg (8), onde os horizontes Bg e Cg são do tipo glei. Estas feições dos Gleissolos identificam um ambiente onde predomina a deficiência de oxigênio, propiciando processos de acumulação de material orgânico e intensa redução química.



Os Gleissolos mostram uma grande variabilidade nas suas características, o que está relacionado a sua origem de sedimentos diversos. Quanto à fertilidade química, são moderados a fortemente ácidos, apresentam uma disponibilidade de nutrientes baixa

Perfil de Gleissolo  
Háplico (GX).  
Foto dos autores

a moderada para as plantas. Sua espessura e teor de matéria orgânica do horizonte A, bem como a textura dos horizontes A e Cg também são muito variáveis.

Esses solos ocorrem nas porções mais baixas das várzeas, e a sua ocupação e utilização para a produção agrícola é limitada pelas condições naturais de má drenagem e pelo risco de inundação. Quando drenados, podem ser usados para horticultura, fruticultura e culturas anuais. Os Gleissolos ocorrem em diversas unidades de mapeamento combinadas com Planossolos, Plintossolos, Neossolos Flúvicos, Neossolos Quartzarênicos e tipos de terreno.

O mapa de solos resultante dos levantamentos anteriormente descritos, mostrando a distribuição espacial das diversas unidades de mapeamento no município de Porto Alegre, está ilustrado na página 30.

## Geotecnia

O mapeamento geotécnico tem por objetivo identificar e delimitar as unidades geotécnicas e caracterizar os solos do município de Porto Alegre para fins de engenharia. As unidades geotécnicas foram estabelecidas procurando delimitar zonas com solos de característica físicas e morfológicas semelhantes e, especialmente, zonas com comportamento geotécnico equivalente.

As unidades geotécnicas foram delimitadas considerando-se a geologia, a pedologia (avaliação em forma específica pelo estudo agrônomo), a topografia e a hidrologia do terreno. Dados geotécnicos específicos, coligidos de diversas fontes (dados bibliográficos e gerados de obras de engenharia executadas) subsidiaram a definição de perfis estratigráficos típicos de cada unidade, bem como da composição granulométrica provável das camadas constituintes.

Para os solos de Porto Alegre, pouco desenvolvidos pedologicamente, a geologia adquire maior relevância na identificação das unidades geotécnicas. Este aspecto relaciona-se em forma direta com o horizonte C saprolítico, relativamente mais espesso e heterogêneo em solos pouco desenvolvidos pedologicamente. A pedologia relaciona-se com o manto de solo mais superficial (horizontes A e B).

## Mapeamento das unidades geotécnicas

As unidades geotécnicas inicialmente identificadas foram:

- Unidade 1 - Neossolos Litólicos + Neossolos Regossólicos + Cambissolos Háplicos - (Rg)
- Unidade 2 - Argissolos Vermelhos e Vermelho-amarelos - (PV)
- Unidade 3 - Neossolos Litólicos e Regossólicos + Cambissolos Háplicos + Argissolos Vermelhos e Vermelho-amarelos - (Rg/PV)
- Unidade 4 - Planossolos + Gleissolos + Plintossolos + Neossolos Flúvicos - (Hid)

Desta forma, quatro grandes unidades geotécnicas foram identificadas, sendo possível ainda subdividi-las segundo o substrato geológico correspondente, levantado da folha geológica de Porto Alegre (Schneider *et al.*, 1974). Esta subdivisão das unidades geotécnicas permite inferir aspectos específicos relacionados ao horizonte saprolítico.

### Unidade 1: Neossolos Litólicos + Neossolos Regossólicos + Cambissolos Háplicos (residuais)

Esta unidade é conformada por solos predominantemente rasos, resultantes da intemperização de rochas graníticas e migmatitos, que permanecem no local onde foram originariamente intemperizados (definição de solos residuais). Estes solos, de modo geral, são franco-argilo-arenosos, bem drenados e pouco desenvolvidos pedogeneticamente.

A estratigrafia pode seguir uma seqüência de horizontes A-R (Neossolos Litólicos), A-C-R (Neossolos Regossólicos) ou mesmo A-Bi-C-R (Cambissolos Háplicos), sendo que neste último caso o horizonte Bi é de pequena espessura, não sendo relevante à prática de engenharia (de fundações). O horizonte C saprolítico, de preponderante importância à engenharia geotécnica, apresenta-se com espessuras pequenas a médias. Excepcionalmente, pode atingir maiores espessuras, especialmente em solos originados de migmatitos e especificamente na formação Granito Independência. A ocorrência de matações é comum neste material.

A ocorrência destes solos se verifica em zonas de declividades elevadas, com relevo fortemente ondulado e montanhoso.

Morro da Tapera e seu entorno, mostrando as diversas unidades geotécnicas.



## Unidade 2: Argissolos Vermelhos e Vermelho-amarelos

São solos profundos desenvolvidos sobre material coluvionar de granitos, migmatitos e presentes sob a forma de paleossolo ferratizado de alterito da Serra de Tapes. Têm como característica principal a presença de um horizonte Bt de espessura significativa, com textura franco-argilosa a argilosa, de coloração avermelhada e boa drenagem. O horizonte C tem características equivalentes às dos solos litólicos.

Ocorrem em áreas com relevo suave, pouco ondulado, conformando pequenas coxilhas e elevações de pequena declividades em torno dos morros.

## Unidade 3: Neossolos Litólicos e Regossólicos + Cambissolos Háplicos + Argissolos Vermelhos e Vermelho-amarelos

A topografia e os dados geotécnicos disponíveis apontam a ocorrência de duas formações em forma alternadas, tendo sido por esta razão agregadas em uma única unidade derivada, onde podem ocorrer Neossolos, Cambissolos e Argissolos, já relacionados anteriormente, dependendo de condições localizadas da topografia.

## Unidade 4: Planossolos + Gleissolos + Plintossolos + Neossolos Flúvicos (solos hidromórficos)

Agrega solos sedimentares de diversas classes localizados em áreas planas e mal drenadas (Planossolos), em depressões do microrrelevo muito mal drenadas (Gleissolos) e nas partes mais

elevadas do microrrelevo, moderadamente drenadas (Plintossolos). Além destas classes, ocorrem Neossolos Flúvicos ocupando diques marginais junto aos arroios e córregos. As características mais marcantes das áreas onde esta unidade ocorre são as cotas baixas, relevo plano, más condições de drenagem e estarem sujeitas a inundações esporádicas ou freqüentes.

A estratigrafia é composta de material de textura variada, de argilas a areias, que podem ocorrer em forma combinada ou intercalada, com coloração escura, cinza ou cinza-esverdeado. A ocorrência de espessas camadas de "argila mole" (ocorrência típica da zona norte de Porto Alegre, onde se apresenta superficial, com espessuras que variam entre 5m e 10m) constitui-se em limitação à implantação de obras de engenharia. O alagamento freqüente destas áreas constitui-se em outra limitação à ocupação urbana.

## Aptidão do terreno à ocupação urbana

A aptidão à ocupação urbana aponta para a "competência" ou "potencial" das unidades geotécnicas à ocupação urbana. A inobservância desta aptidão, ou das características geotécnicas das unidades, podem levar (e já levaram, em muitos casos) à concepção inadequada de projetos geotécnicos, o que pode se traduzir em soluções desnecessariamente onerosas, construções com patologias severas a curto e médio prazo ou, inclusive, acidentes e colapsos com elevados custos materiais e até mesmo perda de vidas humanas.



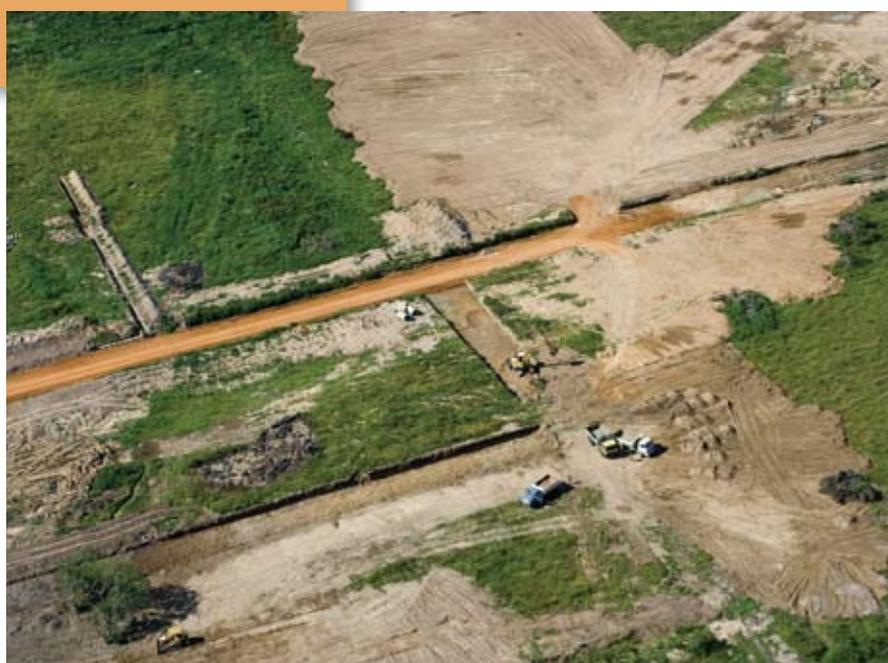
Vista dos bairros  
Petrópolis e Boa Vista.

A classificação das diversas áreas quanto à aptidão à ocupação urbana foi feita segundo as seguintes categorias: áreas APTAS, áreas APTAS COM RESTRIÇÕES e áreas com BAIXA APTIDÃO. Acompanhando a classificação das unidades, os aspectos restritivos específicos de cada área são apresentados e discutidos a seguir.

Área sendo aterrada para fins de loteamento na várzea do Arroio do Salso.

Classificação da Unidade 4:  
**Planossolos + Gleissolos + Plintossolos + Neossolos Flúvicos** (solos hidromórficos):  
BAIXA APTIDÃO.

As áreas contidas nesta unidade apresentam uma série de características geotécnicas que dificultam e/ou oneram a implantação de edificações. Nesta unidade verificam-se como limitações: nível d'água próximo à superfície ou aflorando – dificuldade severa para execução de escavações e de certos tipos de fundações; ocorrência de alagamentos frequentes – problemas de acesso à área e necessidade de aterro para elevação da cota da obra acima da cota de inundação do terreno; e, ainda a ocorrência



localizada de solos compressíveis e com baixa capacidade de suporte – necessidade de tratamento da camada compressível quanto a recalques, possibilidade de ruptura de borda de aterro e necessidade de fundações profundas para assentar edificações.

## Classificação da Unidade 2: Argissolos Vermelhos e Vermelho-amarelos, APTA.

Estes solos apresentam-se bem drenados, com relevo suave, em geral com lençol freático a maior profundidade e boa capacidade de suporte do solo. Todos estes aspectos são favoráveis à implementação de obras de engenharia, o que coloca esta formação como a mais apta à ocupação urbana.

## Classificação da Unidade 1: Neossolos Litólicos + Neossolos Regossólicos + Cambissolos Háplicos (residuais), APTA com RESTRIÇÃO a BAIXA APTIDÃO.

As áreas de relevo montanhoso, com declividades elevadas, apresentam pela própria declividade uma limitação à sua ocupação. Associado a estas declividades elevadas, solos litólicos de menos espessura (A-R) ou mesmo rocha aflorando representam outro aspecto negativo à geotecnia já que a ocupação provavelmente exija desmonte em rocha para nivelamento do terreno (tecnicamente complexo e oneroso). Ainda, a ocorrência de matacões é outro fator que dificulta a implantações de obras geotécnicas, havendo em grande número de casos necessidade de remoção dos matacões ou mesmo risco de instabilização de matacões na face de cortes/escavações.

Ainda dentro desta unidade, solos existentes em zonas de menor declividade (que aos acima descritos), com maiores espessuras de horizonte C, podem apresentar condições mais favoráveis à ocupação urbana, constituindo áreas classificadas como "aptas com restrições".

O mapa final de geotecnia acompanha este relatório na forma de arquivos em meio digital, gravados em CD-ROM no formato *shape file*.

## Classificação da Unidade 3: Neossolos Litólicos e Regossólicos + Cambissolos Háplicos + Argissolos Vermelhos e Vermelho-amarelos

A determinação da aptidão desta unidade depende de avaliações localizadas, podendo ser: APTA com RESTRIÇÕES a BAIXA APTIDÃO nas áreas correspondentes aos Neossolos e Cambissolos ou APTAS nas áreas correspondentes aos Argissolos.

## Referências

- EMBRAPA. 1997. **Manual de métodos de análise de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2 ed. Rio de Janeiro.
- EMBRAPA. 1999. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro.
- LEMOS, R.C. & SANTOS, R.D. dos. 1996. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 3 ed. SBCS/SNLCS. Campinas. 45 p.
- SCHNEIDER, A.W.; Loss, E.L.; Pinto, J.F. 1974. Mapa geológico da folha Porto Alegre-RS. **Pesquisas** Série Mapas (7). Porto Alegre, UFRGS. Instituto de Geociências.

# Drenagem

## Introdução

Caracterizar as redes de drenagem de águas superficiais e subterrâneas no município de Porto Alegre é o objetivo deste capítulo. Com relação às águas superficiais, serão abordados aspectos quanto à hierarquia dos cursos d'água e à extensão de cada um deles. Somente dentro do município – com área de 432km<sup>2</sup> - há uma rede de drenagem de cerca de 574km, indicando uma densidade de drenagem de aproximadamente 1,33 km/km<sup>2</sup>.

Já os dados sobre as águas subterrâneas levam em conta as informações disponíveis sobre poços de diversos bairros. É revelada a qualidade de suas águas e utilizadas ferramentas do Sistema de Informações Geográficas para encontrá-los, gerando-se um mapa com a localização dos poços por endereço.

O levantamento verificou que muitos bairros utilizam água subterrânea. E como grande parte dos bairros de Porto Alegre está impermeabilizada por edificações e pavimentação, a recarga de água subterrânea se dá nas áreas altas do município, como nos morros Santana e da Polícia.

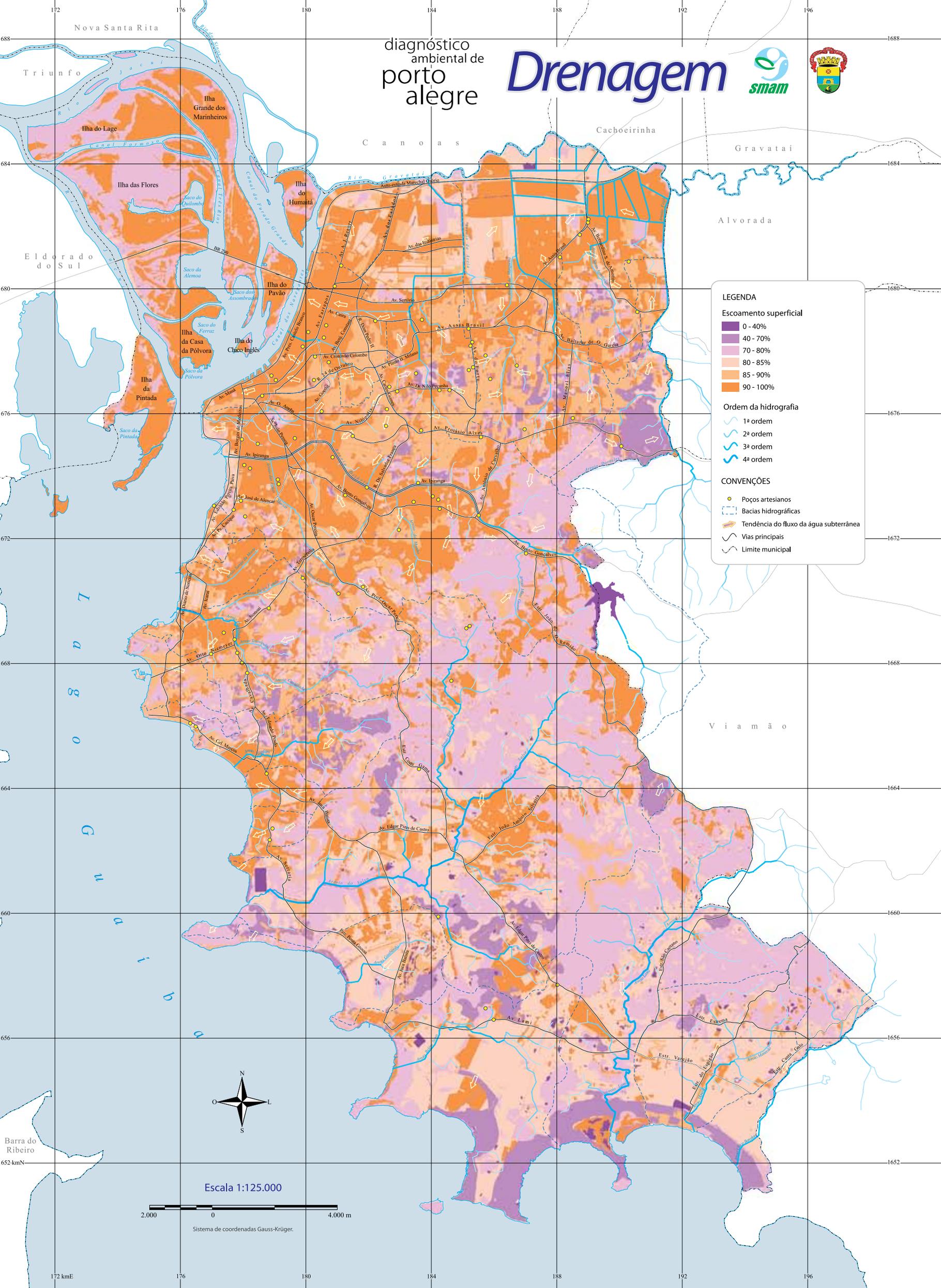
Vista aérea do  
Arroio Dilúvio.



drenagem

diagnóstico ambiental de  
porto alegre

# Drenagem



**LEGENDA**

**Escoamento superficial**

- 0 - 40%
- 40 - 70%
- 70 - 80%
- 80 - 85%
- 85 - 90%
- 90 - 100%

**Ordem da hidrografia**

- 1ª ordem
- 2ª ordem
- 3ª ordem
- 4ª ordem

**CONVENÇÕES**

- Poços artesanios
- Bacias hidrográficas
- Tendência do fluxo da água subterrânea
- Vias principais
- Limite municipal



Escala 1:125.000



Sistema de coordenadas Gauss-Krüger.

## Bacia hidrográfica do município

O estado do Rio Grande do Sul está dividido em duas grandes regiões hidrográficas: a Região Hidrográfica do Uruguai e a Região Hidrográfica do Atlântico Sul (ANA, 2008). O Departamento de Recursos Hídricos da Secretaria Estadual de Meio Ambiente, por sua vez, subdividiu a Região Hidrográfica do Atlântico Sul nas regiões Litoral e Guaíba (DRH, 2006). Desta forma, o município de Porto Alegre situa-se na Região Hidrográfica do Guaíba, 82,6% do seu território na Bacia do Lago Guaíba e 17,4% na Bacia do Gravataí.

## Drenagem superficial

Para obtenção de dados sobre a rede de drenagem superficial do município de Porto Alegre foram utilizados os seguintes produtos disponibilizados pela Prefeitura: cartografia da rede de drenagem existente, imagens orbitais do satélite Quickbird, Modelo Numérico de Terreno do município (MNT), com resolução espacial de 5m.

Inicialmente, com o objetivo de identificar os principais domínios de drenagem do município, a cartografia da rede de drenagem fornecida pela Prefeitura (escala 1:25.000) foi confrontada com a hidrografia das cartas da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército, DSG (escala 1:50.000). Observaram-se algumas discrepâncias entre esses dois produtos, mas com relação ao MNT o grau de concordância da rede de drenagem foi aceitável.

Em seguida, a rede de drenagem foi também confrontada com as imagens orbitais, o que permitiu identificar e complementar os trechos da rede de drenagem que não haviam sido representados na cartografia existente. Entretanto, em áreas com mata ciliar densa não foi possível identificar o eixo da drenagem, impossibilitando o registro da totalidade de cursos d'água.

Uma análise criteriosa do MNT mostrou que sua qualidade era insuficiente para a extração de variáveis hidrológicas, necessitando algumas adaptações. Para melhorá-lo hidrológicamente a rede de drenagem existente foi sobreposta ao mesmo, através de técnicas de geoprocessamento, de maneira a reforçar os domínios principais de drenagem. Esse procedimento gerou como resultado um mapa de drenagem sintética de melhor qualidade que a existente, mas que ainda pode ser melhorado. Recomenda-se uma futura adequação a partir de um MNT derivado da base altimétrica em escala 1:1.000, mais adequada a estudos de drenagem urbana e disponível na Prefeitura de Porto Alegre.

À esquerda, foz do Arroio Dilúvio, com o Anfiteatro Pôr-do-Sol na margem direita.



A rede de drenagem produzida nas etapas anteriores foi hierarquizada pelo método de Strahler. Neste método são considerados cursos d'água de primeira ordem os segmentos iniciais da rede de drenagem, ou seja, os pequenos canais que não possuem afluentes; quando dois canais de primeira ordem se encontram é formado um segmento de segunda ordem; a junção de dois cursos d'água de segunda ordem forma um de terceira ordem, e assim sucessivamente. Em outras palavras, o método considera que quando dois cursos d'água de ordem  $n$  se unem, dão lugar a um curso d'água de ordem  $n+1$ . Assim, a ordem do rio principal representa o grau de ramificação da rede de drenagem na bacia.

Especificamente neste estudo, foram ordenados os segmentos da rede de drenagem inseridos no município de Porto Alegre, mais as cabeceiras dos arroios Feijó, Dilúvio, Taquara e Varejão, que nascem fora do município. Com os dados disponíveis, foi possível identificar cursos d'água até a ordem 4, mas acredita-se que com um MNT de melhor resolução (obtido a partir da cartografia 1:1.000 do município) seja possível discriminar mais segmentos formadores (1ª ordem), aumentando conseqüentemente a ordem final.

A tabela abaixo apresenta a extensão linear da rede de drenagem hierarquizada produzida neste estudo, e o mapa da rede de drenagem mostra a distribuição dos cursos d'água de cada ordem no município de Porto Alegre. De acordo com os mapas disponíveis, constata-se que o comprimento total da rede de drenagem dentro do município de Porto Alegre (área de 432km<sup>2</sup>) soma aproximadamente 574km, indicando uma densidade de drenagem de aproximadamente 1,33km/km<sup>2</sup>.

Ordem do curso d'água	Comprimento (km)
1ª	291
2ª	148
3ª	114
4ª	21
<b>Total</b>	<b>574</b>

Comprimento da hidrografia por ordem de drenagem.

## Drenagem subterrânea

O município de Porto Alegre possui 80 bairros que estão assentados sobre duas litologias: rochas granítico-gnáissicas fissuradas e depósitos argilo-arenosos a arenosos de origem flúvio-lacustre, lagunar e aluvionar. As rochas granítico-gnáissicas constituem o aquífero fraturado Pré-Cambriano, e os depósitos, o aquífero poroso Cenozóico.

As águas subterrâneas nas rochas cristalinas (granitos e gnaisses) ocorrem somente nas fraturas ou falhas geológicas, que se constituem em caminhos preferenciais de deslocamento e armazenamento. A intensidade e a abertura desses fraturamentos comandam a maior ou menor quantidade de água subterrânea disponível. Os poços nas rochas fraturadas podem fornecer vazões da ordem de 5m<sup>3</sup>/h, podendo existir poços com vazões de até 15m<sup>3</sup>/h, condicionado ao sistema de fraturamento. Nos sedimentos quaternários, a existência de água subterrânea é condicionada pela porosidade dos mesmos. Em sedimentos argilosos, há uma tendência de reduzir muito a quantidade de água e a sua circulação. Os sedimentos arenosos podem se constituir em aquíferos que fornecem vazões baixas, da ordem de 4m<sup>3</sup>/h.

As águas do aquífero fraturado são classificadas como bicarbonatadas cálcico-sódicas a sódicas e cloretada-bicarbonatada-cálcico-sódica, enquanto no aquífero poroso Cenozóico predominam composições cloretadas sódicas e cloretadas cálcico-sódicas, com maior conteúdo de sólidos totais dissolvidos.

Estudo realizado por Roisenberg e Viero (2002) mostrou

que as águas subterrâneas de Porto Alegre apresentam, em muitos locais, pelo menos um parâmetro acima dos limites máximos de potabilidade estabelecidos pela Portaria 1.469/2000 do Ministério da Saúde. Do ponto de vista da potabilidade, o parâmetro mais restritivo é o fluoreto, que alcança concentrações da ordem de 6,0mg/l nas águas do aquífero fraturado, superando o valor máximo permitido de 1,5mg/l. Outro fator importante, do ponto de vista das condições de potabilidade

das águas subterrâneas, é a parte construtiva dos poços. Poços sem o devido selo sanitário são passíveis de contaminação de águas provenientes da zona de alteração, resultando em valores acima do permitido de nitrato, de origem orgânica.

Parque Saint-Hilaire e barragem da Lomba do Sabão coberta por plantas aquáticas devido ao lançamento de esgoto.



O inventário inicial dos poços de captação de água subterrânea existentes no município de Porto Alegre foi realizado de forma indireta, consultando-se informações fornecidas por órgãos públicos (Dmae, Corsan, CPRM etc.), por empresas privadas de perfuração de poços e em trabalhos sobre o assunto estudado.

O trabalho de Roisenberg e Viero (2002) mostrou que existem no município de Porto Alegre cerca de 338 poços tubulares. Provavelmente o número atual de poços já seja maior, mas este Diagnóstico utilizou esses dados disponíveis.

Os dados obtidos no inventário foram espacializados através do endereço, utilizando-se como base o mapa dos eixos de ruas do município. Empregou-se um *software* de SIG para efetuar a geocodificação dos endereços, gerando-se um mapa com a localização dos poços por endereço. Os poços cujo endereço não pôde ser localizado por geocodificação foram espacializados através de suas coordenadas UTM. Ao final deste processo, obteve-se um mapa com 242 poços que continham orientação de endereço e/ou registro de coordenadas UTM.

Analisando-se a distribuição espacial dos poços no município foi possível verificar que existe uma grande concentração no Centro, Praia de Belas, Jardim Botânico, Petrópolis,

Bela Vista, Vila Ipiranga, Boa Vista, Mont' Serrat, Moinhos de Vento, Independência, Floresta, São Geraldo, Cristo Redentor e Sarandi. A quantidade de poços tende a aumentar em direção aos bairros da Zona Sul. Nos bairros situados na parte central e sul, como Cascata, Vila Nova, Cavallhada, Camaquã, Tristeza, Ipanema, Campo Novo, Lajeado, Hípica e Belém Novo, observa-se que existe uma boa quantidade de poços, mas a maior parte não possui informações suficientes para a utilização neste trabalho.

Como grande parte dos bairros de Porto Alegre está impermeabilizada por edificações e pavimentação, a recarga de água subterrânea se dá nas áreas altas do município (Morro Santana, Morro da Polícia etc), onde a urbanização ainda não chegou. Existe um volume de água que recarrega o aquífero dentro do município, que é proveniente das perdas da rede de abastecimento do Dmae. Esta perda representa parcela significativa do volume distribuído e constitui uma recarga de água de ótima qualidade.

Após a espacialização, os 242 poços resultantes foram analisados para verificar as informações que cada um possuía, especialmente com relação ao nível estático (profundidade desde a boca do poço até o nível de água). Verificou-se que

apenas 90 poços possuem registro do nível estático, os quais foram selecionados e constituíram a base para se compreender e tentar estimar o sentido de fluxo regional das águas subterrâneas no município. O restante dos 242 poços não apresenta dados suficientes que permitam a sua utilização.

Os 90 poços válidos foram cruzados com o MNT disponibilizado pela Prefeitura, utilizando-se técnicas de geoprocessamento para estimar a cota da boca do poço. Em seguida, subtraindo da cota da boca de cada poço a profundidade do nível estático, estimou-se a cota piezométrica (altura compreendida entre o nível de água do poço e o nível do mar).

A nuvem de amostras tridimensionais constituída pela localização dos 90 poços e suas respectivas cotas piezométricas foi então interpolada espacialmente para gerar uma superfície piezométrica contínua da área de estudo. Empregou-se o método de Krigeagem com semivariograma linear, obtendo-se uma matriz que representa a tendência da superfície piezométrica na área de estudo, com resolução de 50m x 50m. Para cada célula desta matriz, estimou-se a orientação do fluxo através de uma rotina de cálculo de exposição (aspecto), obtendo-se uma superfície de orientação de fluxo das águas subterrâneas.

A superfície de orientação de fluxo das águas subterrâneas foi sobreposta aos planos de informação referentes às sub-bacias de Porto Alegre para extrair a orientação média de fluxo em cada sub-bacia. O valor final da orientação em cada sub-bacia foi atribuído à localização dos centróides dos respectivos polígonos a fim de representar a tendência do fluxo. O mapa da página 46 mostra a localização dos 90 poços com informação de nível estático e a representação do sentido do fluxo regional estimado das águas subterrâneas por sub-bacia.

Para resultados mais confiáveis, é de fundamental importância que no futuro o cadastro de poços existente seja revisto, especialmente para uma

atualização das informações, conferindo os poços existentes e acrescentando novos poços. Para essa atualização o principal órgão a ser consultado é o DRH, onde estão cadastrados os poços que foram ou estão em processo de outorga. A perfuração de novos poços dentro do município deve ser precedida de um estudo que leve em conta os poços existentes, o volume explotado e as recargas de água subterrânea.

Além da escassez de dados sobre poços, imperfeições no MNT utilizado também introduzem incertezas nos resultados. Recomenda-se no futuro atualizar as análises com o uso de um MNT de melhor qualidade, derivado da base cartográfica 1:1.000 do município de Porto Alegre.

## Potencial de escoamento superficial

O dimensionamento de obras hidráulicas, assim como o processo de licenciamento ambiental de empreendimentos que envolvam modificações no uso/ocupação do solo, necessita de dados observados de vazão, que muitas vezes não estão disponíveis. A indisponibilidade de dados sobre bacias urbanas leva à utilização de métodos sintéticos de transformação chuva-vazão para determinação de uma vazão de projeto. Dentre esses métodos, o modelo SCS, desenvolvido pelo Soil Conservation Service, tem sido utilizado para simulação de hidrogramas de cheias em projetos de obras hidráulicas, e também para o estabelecimento de risco de enchente em muitas aplicações na prática da engenharia no Brasil (Tucci, 1998).

O modelo SCS (1964) determina o escoamento superficial a partir de uma equação empírica que requer como entrada a precipitação (observada ou de projeto) e um coeficiente relacionado às características da bacia, conhecido como curva número (CN). Esse coeficiente representa o escoamento superficial potencial das características do tipo e uso do solo na bacia (Sharma & Singh, 1992).

Em uma situação de inexistência de dados, o projetista se vê na necessidade de determinar o valor desse parâmetro com base em uma estimativa sem calibração, baseada em informações disponíveis em mapas de uso e ocupação do solo, fotografias aéreas, imagens de satélite, entre outras (Tassi et al., 2006). Nesse sentido, as técnicas de geoprocessamento, em especial os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e o sensoriamento remoto, fornecem um

**Alagamento na Rua da Conceição próximo à Rodoviária.  
Foto Agência RBS/Valdir Friolin**



Desmoronamento na  
Escola Estadual  
Espírito Santo, no  
bairro Glória.  
Foto Agência RBS /  
Daniel Marengo



eficiente meio para avaliação espacial e temporal e de manejo de dados referentes a regiões extensas e inacessíveis em curto período de tempo, tornando-se uma ferramenta de grande uso na determinação e estimativa desses parâmetros hidrológicos.

Neste trabalho é apresentada uma metodologia para estimativa do parâmetro CN para o município de Porto Alegre, com base em mapas temáticos contendo informações de tipo e uso do solo, obtidos por digitalização e classificação de imagens de satélite.

## Modelo hidrológico SCS

O modelo hidrológico do SCS, também conhecido como método da curva número ou método da precipitação efetiva, utiliza uma expressão que relaciona a razão entre a precipitação total acumulada ( $P$  em mm) com o volume superficial acumulado ( $Q$  em mm), e a razão entre a infiltração e o escoamento da bacia. Esse modelo tem sido bastante utilizado devido principalmente:

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{P + S - I_a} \text{ (mm)} \quad (1)$$

a) ao reduzido número de parâmetros; b) à relação entre os parâmetros e características físicas da bacia (Tucci, 1998).

Quando  $P < I_a$ , o escoamento superficial é  $Q=0$ , e para  $P > I_a$  a relação resultante é a seguinte:

onde:  $I_a$  são as perdas iniciais (retenção superficial, infiltração anterior ao início do escoamento) e  $S$  é a capacidade máxima de armazenamento do solo.

O valor do parâmetro  $I_a$  é estimado para condições médias por  $I_a=0,2 \cdot S$ , isto é, 20% da capacidade de armazenamento do solo.

$$S = \frac{25400}{CN} \cdot 254 \text{ (mm)} \quad (2)$$

Para determinar a capacidade máxima da camada superior do solo  $S$ , foi estabelecida uma escala em que a variável é o parâmetro CN (curva número). Este parâmetro é classificado de acordo com o tipo de solo e o uso do solo. A expressão que relaciona  $S$  e CN é a seguinte:

onde: CN é o parâmetro curva número.

Esta expressão estabelece o valor de CN numa escala de 1 a 100, que retrata as condições de cobertura do solo, variando desde uma cobertura muito permeável (CN=0) até uma cobertura completamente impermeável (CN=100) e de um solo com grande capacidade de infiltração para um de baixa infiltração.

O valor do parâmetro CN depende do tipo de solo, características de uso/ocupação e o estado antecedente de umidade do solo. Quanto aos grupos hidrológicos de solo (GHS), o SCS distingue quatro grupos (Mockus *apud Sartori et al.*, 2006), conforme mostra a tabela da página seguinte.

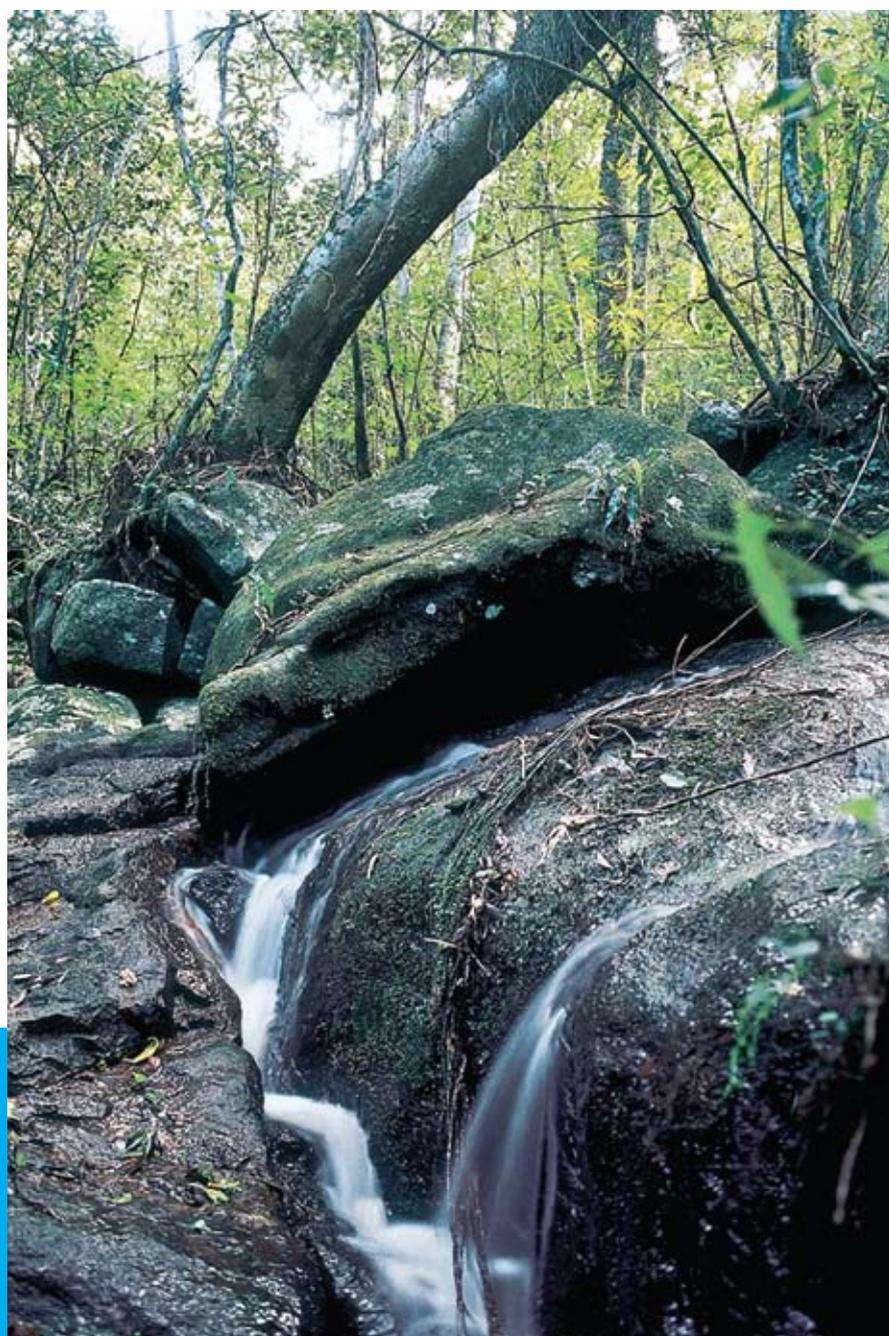
Quanto à ocupação do solo, os valores do parâmetro CN são obtidos a partir de tabelas para diversos tipos de solo, suas utilizações e condições de superfície. Os valores do parâmetro CN nessas tabelas foram estimados a partir de simulações em diversas bacias americanas (SCS, 1975). Germano & Tucci (1995) determinaram o valor do parâmetro CN em 24 bacias urbanas brasileiras a partir da análise de eventos de chuva-vazão e concluíram que os valores obtidos não diferem de forma significativa daqueles que seriam estimados através de tabelas normalmente utilizadas. Tucci (1998) apresenta essas tabelas para valores de CN segundo a cobertura, condições de superfície e tipo de solo.

Embora os valores do parâmetro CN fornecidos em tabelas gerem, na maioria dos casos, bons ajustes de processos chuva-vazão simulados, é importante salientar que os valores do CN, por terem sido baseados em características de solos americanos, nem sempre são adequados às bacias brasileiras. Tassi *et al.* (2006) calcularam o valor do CN a partir de 159 eventos de precipitação em quatro sub-bacias urbanas de Porto Alegre e mostraram que os valores de CN calibrados pelo modelo SCS foram maiores que os valores de CN utilizados no PDDrU (Plano Diretor de Drenagem Urbana) de Porto Alegre.

Os valores de CN apresentados em tabelas são relativos à ocorrência de condições de umida-

Os GHS e suas características.

GHS	Características	Capacidade de infiltração
<b>A</b>	Solos arenosos, profundos e bem drenados	<b>&gt; 7,6 mm h<sup>-1</sup></b>
<b>B</b>	Solos arenosos com pouca argila e solo orgânico	<b>3,8 e 7,6 mm h<sup>-1</sup></b>
<b>C</b>	Solos mais argilosos que o GHS B, com baixa permeabilidade	<b>1,3 e 3,8 mm h<sup>-1</sup></b>
<b>D</b>	Solos com argilas pesadas, muito impermeáveis	<b>&lt; 1,3 mm h<sup>-1</sup></b>



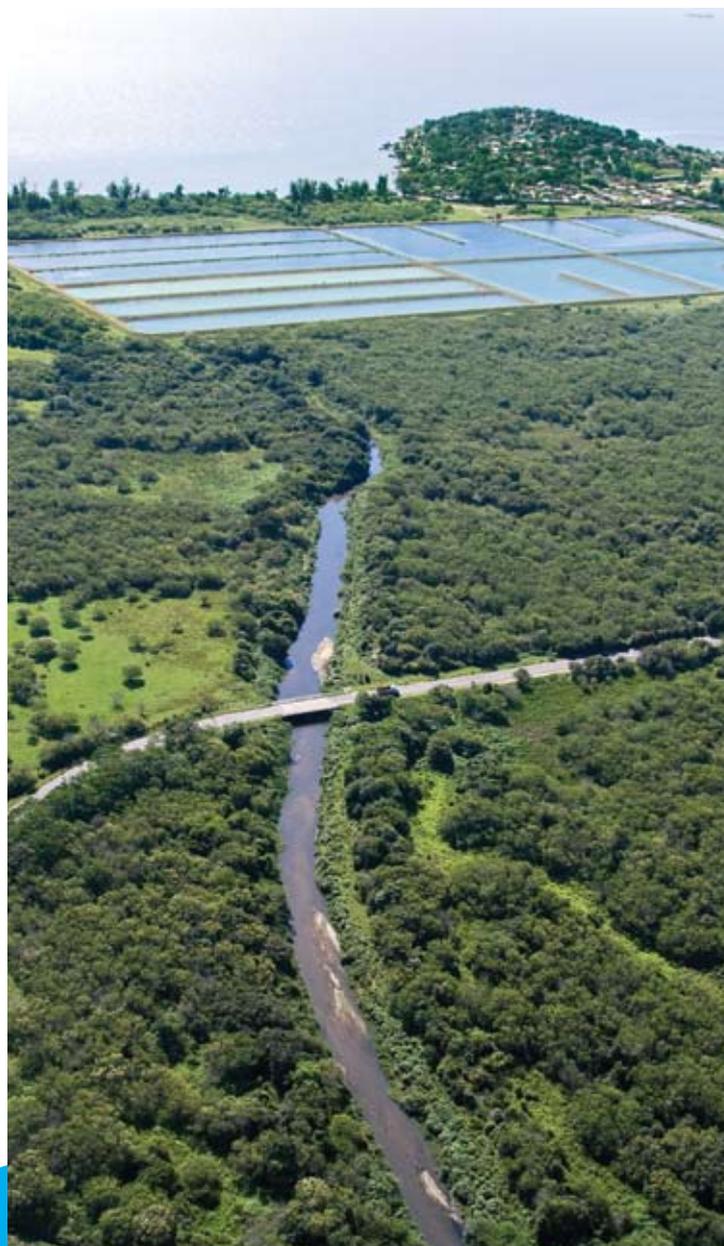
Uma das nascentes do Arroio do Salso, no Morro São Pedro.

de referentes a uma situação média em que a umidade do solo equivale à capacidade de campo, representando, portanto, condições de umidade antecedentes de cheias de pequenas dimensões. Para condições referentes a situações antecedentes particularmente secas ou úmidas, respectivamente, os valores do parâmetro CN devem ser corrigidos.

## Elaboração dos mapas

Distribuição dos usos do solo no município de Porto Alegre.

Uso do solo	freqüência
Água	0,62%
Bosques ou zonas florestais cobertura boa	
Zonas florestais cobertura ruim	0,63%
Espaços abertos, bem relvados	3,86%
Espaços abertos, relvados	4,00%
Banhado	5,40%
Campo normal	
Terrenos em más condições	3,87%
Campos esparsos	19,83%
Plantações normais	3,95%
Superfície dura	0,10%
Zonas comerciais	
Zonas residenciais: lotes < 500m <sup>2</sup>	21,16%
Zonas residenciais: lotes 1.000m <sup>2</sup>	2,07%
Zonas residenciais: lotes 4.000m <sup>2</sup>	0,47%
Arruamentos e estradas	2,67%
<b>Total</b>	<b>100,00%</b>



Arroio do Salso com estação de tratamento ao fundo.

Para elaboração do mapa de CN foram utilizados os mapas de solos e de vegetação e ocupação, gerados em outras fases do Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre.

Para propósitos da análise de escoamento superficial, o mapa de vegetação e ocupação teve suas classes reagrupadas em 16 classes para utilização das classes de uso do solo sugeridas em Tucci (1998), apresentadas na tabela ao lado.

O mapa de solos apresenta 16 tipos de solos ocorrentes no município de Porto Alegre, sendo as formações principais compostas por argissolos, cambissolos, planossolos, gleissolos, neossolos e tipos de terreno. O agrupamento desses tipos de solo segundo os quatro grupos hidrológicos apresentados na metodologia do SCS foi realizado seguindo a classificação proposta por Sartori *et al.* (2006)

e é apresentado na tabela primeira tabela da página seguinte. De acordo com a classificação sugerida pelos autores, nenhum dos tipos de solos em Porto Alegre pode ser enquadrado como de classe A, ou seja, com alta capacidade de infiltração.

A tabela abaixo apresenta a superfície ocupada e a distribuição percentual dos grupos hidrológicos de solos no município de Porto Alegre. Como se observa, a maior parte dos solos está classificada no grupo D, que corresponde aos solos com alta capacidade de geração de escoamento superficial, ou seja, com baixa capacidade de infiltração.

Após os agrupamentos anteriormente descritos, os mapas de classes de uso do solo e dos grupos hidrológicos de solos resultantes foram cruzados em SIG para elaborar um mapa que sintetiza as diferentes combinações de ambas as informações no município. Para cada uma das combinações de classes de uso e ocupação e grupo hidrológico de solos existe um valor correspondente tabelado do parâmetro CN, para a condição antecedente de umidade AMC-II (Tucci, 1998). O mapa final do CN do município foi gerado atribuindo-se os valores desse parâmetro para cada uma das combinações.

Grupos Hidrológicos de Solos no município de Porto Alegre.

GHS	Tipo de solo
<b>B</b>	Grupo de argissolos vermelhos e vermelho-amarelos
	Associação de neossolos quartzarênicos e gleissolos
<b>C</b>	Associação de argissolos vermelhos ou argissolos vermelho-amarelos com cambissolos háplicos
	Associação de gleissolos e neossolos flúvicos
	Neossolos flúvicos
	Associação de neossolos flúvicos e tipos de terreno
<b>D</b>	Associação de cambissolos háplicos com neossolos litólicos ou neossolos regolíticos
	Associação de planossolos hidromórfico, gleissolos háplicos e plintossolos argilúvicos
	Associação de planossolos hidromórfico, gleissolos háplicos e neossolos flúvicos
	Associação de gleissolos háplicos e planossolos hidromórficos
	Associação de gleissolos, planossolos e tipos de terrenos
	Tipos de terreno

Grupo hidrológico de solos	área (km <sup>2</sup> )	freqüência
<b>A</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00%</b>
<b>B</b>	<b>81,41</b>	<b>17,10%</b>
<b>C</b>	<b>121,03</b>	<b>25,43%</b>
<b>D</b>	<b>273,56</b>	<b>57,47%</b>
<b>Total</b>	<b>476,00</b>	<b>100,00%</b>

Distribuição dos tipos de solo no município de Porto Alegre.

A tabela ao lado mostra a superfície absoluta e proporcional ocupada por diferentes intervalos do parâmetro CN no município de Porto Alegre. Como se observa, cerca de 83% do município apresenta valores do CN superiores a 75, o que evidencia a característica de bacias com média a alta capacidade de geração de escoamento superficial em seu território. Isso se deve, ao menos em parte, aos percentuais de áreas impermeabilizadas resultantes da ocupação urbana e também da predominância de solos com pouca capacidade de infiltração.

Distribuição do parâmetro CN no município de Porto Alegre.

Parâmetro CN	área (km <sup>2</sup> )	freqüência
50 - 55	9,14	1,92%
55 - 60	1,80	0,38%
60 - 65	3,51	0,74%
65 - 70	57,72	12,13%
70 - 75	9,10	1,91%
75 - 80	107,25	22,53%
80 - 85	115,66	24,30%
85 - 90	39,99	8,40%
90 - 95	93,57	19,66%
95 - 100	38,26	8,04%
<b>Total</b>	<b>476,00</b>	<b>100%</b>

## Referências

ANA. 2008. Divisão hidrográfica nacional. Disponível em <http://www.ana.gov.br>, consultado em 11.02.2008.

Eastman, J. R. 2006. IDRISI Andes Tutorial. Massachusetts: Clark Labs, Clark University, Estados Unidos, 284 p.

DRH. 2006. Bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, DRH-SEMA-RS. Arquivo shape file cedido pelo órgão.

Germano, A. Tucci C. E. M. 1995. Variabilidade do Parâmetro CN em bacias urbanas Brasileiras. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 11 e Simpósio de Hidráulica de países de língua oficial portuguesa, 2. Anais... 3: 140-181. Recife, ABRH-APRH.

Gonçalves, L.S.; Silva, F.C.; Risso, A. 2007. Mapa do parâmetro CN para o município de Porto Alegre com emprego de técnicas de geoprocessamento. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 17. Anais... São Paulo.

Porto Alegre. 2005. Prefeitura Municipal. Departamento de Esgotos Pluviais. Caderno de Encargos. Porto Alegre, 61 p.

Roisenberg, A; Viero, A. P. 2002. Caracterização da qualidade das águas subterrâneas de Porto Alegre. Relatório Final. Porto Alegre, UFRGS-DMAE.

Sartori, A.; Lombardi Neto, F.; Genovez, A.M. 2006. Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 10 (4): 13 p.

SCS. 1964. Estimation of direct runoff from storm rainfall. **National Engineering Handbook**. Section 4 – Hydrology. Chapter 10. Hydraulic Engineer, 30 p.

SCS 1973. A Method for Estimating Volume and Rate of Runoff in Small Watersheds. Technical Paper: SCS-TP-149.

Sharma, K. D.; Singh, S. 1992. Runoff estimation using Landsat Thematic Mapper data and the SCS model. **Hydrological Sciences – Journal des Sciences Hydrologiques**, 37 (1-2): 39-52.

Tassi, R.; Allasia, D. G.; Meller, A.; Miranda, T. C.; Holz, J.; Silveira, A. L. L. 2006. Determinação do parâmetro CN para sub-bacias urbanas do arroio dilúvio – Porto Alegre. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Sul-sudeste, 1. Anais... Curitiba.

Tucci, C.E.M.; Zamanillo, E.A.; Pasinato, H.D. 1989. **Sistema de Simulação Precipitação Vazão IPHS1**. IPH-UFRGS. Porto Alegre. 66p.

Tucci, C.E.M. 1998. **Modelos Hidrológicos**. 1ª. Edição. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 652 p.

# Vegetação/ Ocupação

## Introdução

Este trabalho tem a finalidade de descrever a vegetação do município de Porto Alegre, apresentando sua origem e sua evolução, e apontando os fatores que contribuíram para a sua configuração atual.

A vegetação de Porto Alegre tem características resultantes da integração de espécies que migraram de diferentes regiões da América do Sul, como a Amazônia, o Chaco, a Patagônia, o Pampa e a Mata Atlântica. Porto Alegre é, portanto, uma região de contato destes diferentes tipos de vegetação, que ao longo do tempo – em função dos processos geológicos, de formação do relevo e do solo e, ainda, de mudanças no clima – contribuíram para a configuração atual da vegetação. A ocupação humana, por outro lado, tem sido um fator muito mais severo e rápido de alteração da vegetação, em especial em áreas densamente edificadas, onde foi substituída por uso urbano ou agrícola.

No contexto nacional, o Projeto Radambrasil estabeleceu, na década de 1970, uma chave de classificação fitoecológica da vegetação, ainda hoje utilizada (IBGE, 1992). Nessa classificação, são definidos dois sistemas: o sistema primário ou natural contém, além das regiões fitoecológicas, as áreas das formações pioneiras, os encraves (refúgios vegetacionais) e as áreas de tensão ecológica, entre duas ou mais regiões fitoecológicas; o sistema secundário ou antrópico contém todas as comunidades secundárias. São áreas que foram utilizadas para fins agropecuários ou de mineração, tendo sido a vegetação primária descaracterizada, dando lugar a uma vegetação secundária ou, inclusive, removendo totalmente a vegetação original. No sistema natural, a classificação permite o mapeamento da vegetação em diferentes escalas, mas sempre associado hierarquicamente, desde os mapas regionais (1:2.500.000 ou maior), exploratório (1:250.000 a 1:1.000.000), semidetalhe (1:100.000 até 1:25.000) e de detalhe (1:25.000). O mapa de vegetação do IBGE (IBGE, 2004) serviu de base para a delimitação dos biomas brasileiros.

No Rio Grande do Sul, estão presentes o Bioma Mata Atlântica e o Bioma Pampa. Por estar próximo ao limite entre os dois biomas, o município de Porto Alegre apresenta características de ambos. Predominam no município as Áreas de Tensão



Ecológica (54,0%) e as Áreas das Formações Pioneiras (45,6%), seguidas da Floresta Estacional Semidecidual (0,4%). Os mapas de cobertura vegetal dos biomas brasileiros na escala 1:250.000 podem ser consultados em <http://www.mma.gov.br/portalbio>.

As Áreas de Tensão Ecológica correspondem, no município, à transição entre formações florestais, campestres e pioneiras. As Áreas das Formações Pioneiras correspondem a locais em que a vegetação se estabeleceu sobre terrenos do Quaternário, bem drenadas (campos) ou mal drenadas (banhados). A Floresta Estacional bem como a Floresta Ombrófila, são denominados regionalmente de mata enquanto, a Savana, a Savana Estépica e a Estepe, correspondem aos campos.



Vista aérea da zona sul de Porto Alegre, destacando-se a Ponta dos Cachimbos, o Morro do Osso e o Morro do Sabiá. Esta imagem marca a transição entre regiões de ocupação mais intensa e urbana, ao norte da cidade, e regiões de ocupação mais rarefeita e com remanescentes naturais, ao sul. O Parque Municipal do Morro do Osso é um símbolo de preservação junto às áreas urbanas.

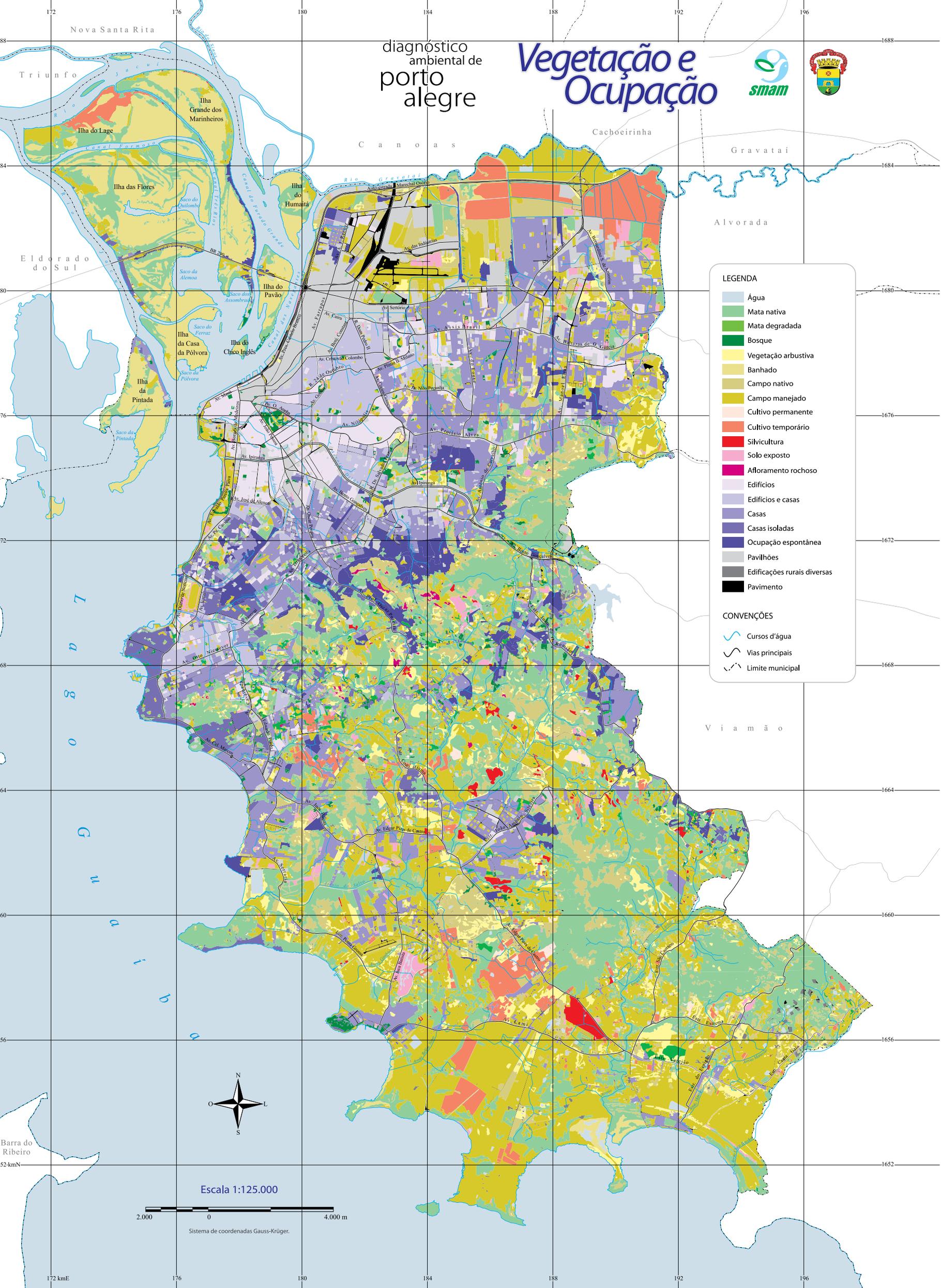
Da cobertura vegetal original, restam apenas 24,1% de remanescentes, ainda que sob diferentes graus de antropismo, 10,2% de remanescentes campestres e 13,9% de remanescentes florestais. Praticamente em todo o território municipal, a vegetação natural foi substituída por algum uso antrópico (urbanização, mineração e agropecuária). As porções que ainda guardam características da vegetação original são os campos e matas sobre os morros da metade sul e os campos e banhados do Delta do Jacuí, no extremo noroeste do município.

O mapa de vegetação e ocupação do município de Porto Alegre tem como objetivo mostrar um maior detalhamento da cobertura vegetal e ocupação antrópica do município do que a

existente até então. Ele foi executado buscando manter estreita relação com o sistema fitoecológico sugerido pelo IBGE, o qual contempla formações naturais e antrópicas. A legenda reflete em cada unidade de mapeamento o tipo de cobertura e grau de antropismo observado por ocasião da interpretação das imagens de satélite e do trabalho de campo. Estas informações podem ser de utilidade nos processos de licenciamento ambiental, na avaliação e revisão das diretrizes de planos de desenvolvimento e expansão urbana, definição de áreas prioritárias à conservação, entre outras.

diagnóstico ambiental de  
porto alegre

# Vegetação e Ocupação



**LEGENDA**

- Água
- Mata nativa
- Mata degradada
- Bosque
- Vegetação arbustiva
- Banhado
- Campo nativo
- Campo manejado
- Cultivo permanente
- Cultivo temporário
- Silvicultura
- Solo exposto
- Afloramento rochoso
- Edifícios
- Edifícios e casas
- Casas
- Casas isoladas
- Ocupação espontânea
- Pavilhões
- Edificações rurais diversas
- Pavimento

**CONVENÇÕES**

- Cursos d'água
- Vias principais
- Limite municipal



Escala 1:125.000



Sistema de coordenadas Gauss-Krüger.

## Tipos de vegetação

Em seu trabalho intitulado “Análise Histórica da Flora de Porto Alegre”, Rambo (1954) realizou uma análise da origem das espécies vegetais do município. O autor destacou a existência de 1.288 espécies de plantas no município, considerando um território mais amplo do que o atual. Brack *et al.* (1998) assinalam a presença de 171 espécies de árvores e 77 espécies de arbustos nativos no município, descrevendo 14 tipos de vegetação em que estas espécies ocorrem. Aguiar *et al.* (1986) listaram 522 espécies para a flora dos morros graníticos da Região Metropolitana de Porto Alegre. Boldrini *et al.* (1998) registraram 294 espécies para o Morro da Polícia, enquanto Setubal (2006) registrou cerca de 300 espécies para o Morro São Pedro. Porto & Menegat (1998) assinalam a presença de quatro rotas migratórias:

- meridional, com elementos austral-antárticos;
- oeste, com elementos chaco-pampeanos;
- do Brasil Central, com elementos da periferia da Floresta Amazônica;
- da costa atlântica brasileira, com elementos tropicais da Floresta Atlântica.

Este diverso encontro fitogeográfico no município é o que imprime um aspecto peculiar e único em sua flora.

As matas nativas são formações arbóreas compostas por espécies sem alteração significativa nos estratos inferiores e em bom estado de conservação. Ocorrem de maneira relictual no município de Porto Alegre, concentradas ao longo dos morros e áreas inundáveis da margem do Lago Guaíba e seus tributários (Brack *et al.*, 1998). Estas formações estão sofrendo rápida redução e fragmentação em decorrência da acelerada expansão urbana, especialmente nas últimas duas décadas. Com base na fisionomia e composição florística, podemos diferenciar em Porto Alegre as matas higrófilas, mesófilas, subxerófilas, psamófilas (restinga), ripárias, brejosas, maricazais e sarandizais.

As matas higrófilas, que também podem ser chamadas de matas altas, ocorrem nos fundos de vale e encostas sul dos morros, com forte influência da Floresta Ombrófila Densa (Mata Atlântica). Atingem entre 12m e 20m de altura, verificando-se a presença de três ou quatro estratos arbóreos. São elementos típicos do estrato superior, entre outras, o tanheiro (*Alchornea triplinervia*), a cangerana (*Cabralea canjerana*), a canela-ferrugem (*Nectandra oppositifolia*) e a batinga (*Eugenia rostrifolia*). No estrato arbóreo

médio, destacam-se a maria-mole (*Guapira opposita*), o cinzeiro (*Hirtella hebeclada*) e a canela-preta (*Ocotea aff. catharinensis*). No estrato inferior, são comuns arvoretas, como a laranjeira-do-mato (*Gymnanthes concolor*), o cincho (*Sorocea bonplandii*), o pau-de-arco (*Guarea macrophylla*) e o café-do-mato (*Faramea montevidensis*). Como características morfológicas dessas árvores, destaca-se a presença de algumas espécies que possuem folhas com superfícies amplas (macrofoliadas) e com ponta goteira, aspectos típicos das florestas pluviais tropicais, como é o caso da canela-ferrugem (*Nectandra oppositifolia*) e da figueira-purgante (*Ficus adathodifolia*). Também ocorrem espécies com folhas caducas, como o cedro-rosa (*Cedrela fissilis*) e a caroba (*Jacaranda micrantha*).

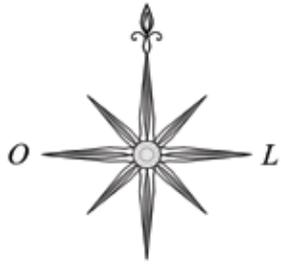
As matas mesófilas ou meso-higrófilas, que popularmente poderiam ser chamadas de matas médias, são constituídas por uma comunidade florestal que ocupa a porção média ou baixa dos morros, ou mesmo terrenos mais ou menos planos, onde as condições do ambiente não sejam extremas. A altura da mata é de 10m a 15m, sendo encontrados de dois a três estratos arbóreos. Nos estratos superior e médio, podem ser citados a maria-mole (*Guapira opposita*), o camboatá-vermelho (*Cupania vernalis*), o açoita-cavalo (*Luehea divaricata*), o cocão (*Erythroxylum argentinum*), o chá-de-bugre (*Casearia sylvestris*), o chal-chal (*Allophylus edulis*) e o capororocão (*Myrsine guianensis*). No estrato inferior ocorrem o camboim (*Myrciaria cuspidata*), a laranjeira-do-mato (*Gymnanthes concolor*) e a pimenteira-do-mato (*Mollinedia elegans*).



**Mata mesófila e campo rupestre no Morro São Pedro.**

As espécies, em geral, apresentam características morfológicas intermediárias entre as matas higrófilas e subxerófilas.

As matas subxerófilas, que também podem ser chamadas de matas baixas, estão distribuídas muitas vezes como capões nos topos ou encostas superiores dos morros e estão associadas a fatores ambientais de baixa umidade, opostos às condições encontradas nas matas higrófilas dos fundos de vale. Quando em



## Perfil ilustrativo da vegetação

Ilustração do perfil da vegetação natural e da topografia de Porto Alegre. As fotos representam as distintas paisagens do município.



LAGO GUAÍBA

Encosta mata de restinga (psamófila) na Praia do Lami.



Chapéu-de-couro e junco formando juncal nas margens do Saco da Alemoa no Parque Estadual Delta do Jacuí.



Tarrá em vôo sobre vegetação de banhado na Reserva Biológica do Lami.

Campo de várzea com figueira na várzea do Arroio Chico Barcelos.





Vista do topo do Morro Santana mostrando campos rupestres, matas subxerófilas e mesófilas.



*Cattleya intermedia*, uma típica orquídea que ocorre sobre troncos de árvores na mata brejosa.



*Parodia ottonis*, um típico cactus dos campos rupestres.



Encosta sudoeste do Morro São Pedro com mata higrófila e mesófila.



Campos, vassourais e mata mesófila no Morro São Pedro.



Butiazal em área rural na Lomba do Pinheiro.

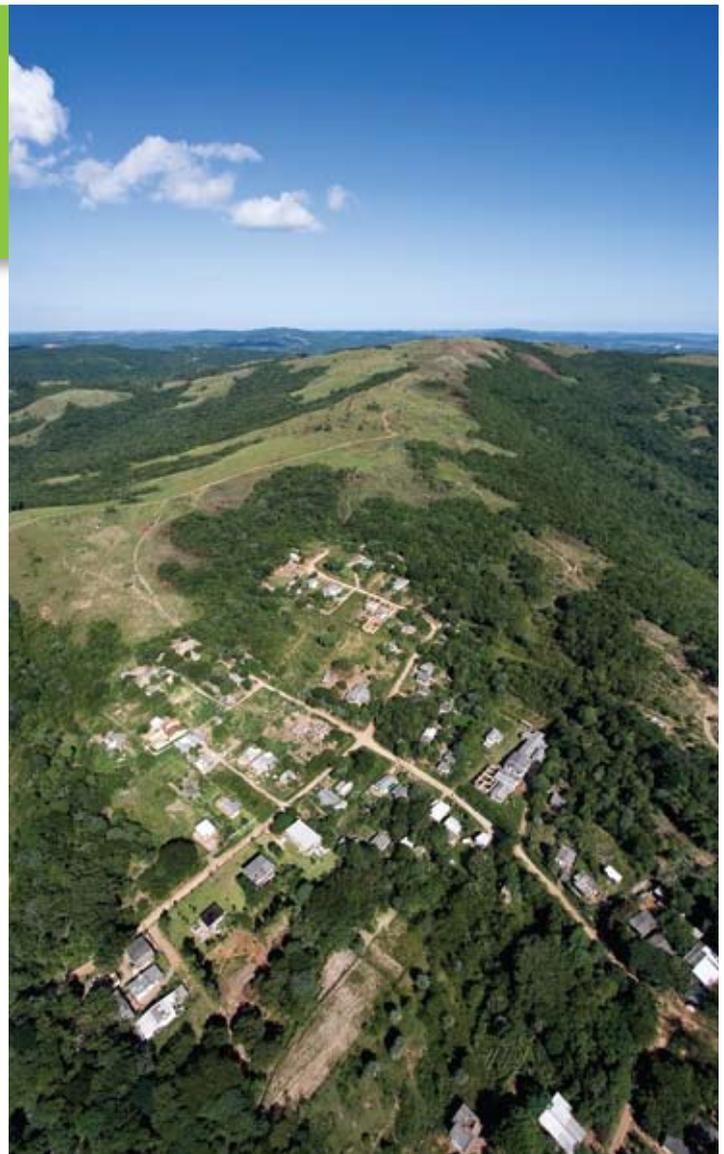
vegetação/ocupação



Mata psamófila e campos distribuídos em série paralela correspondendo a antigas margens do Guaíba na Praia do Lami.

encostas de morro, é interessante notar que sua presença está mais bem representada na face norte, onde a insolação anual é mais acentuada. A altura do dossel varia de 6m a 12m. A estratificação é mais simplificada do que na mata higrófila, com a presença de dois ou três estratos arbóreos. No estrato médio e no estrato superior, verifica-se, entre outras espécies, a ocorrência da aroeira-brava (*Lithraea brasiliensis*), do branquilha (*Sebastiania serrata*) e do coentrilho (*Zanthoxylum fagara*). No estrato arbóreo inferior, encontra-se camboim (*Myrciaria cuspidata*), coração-de-negro (*Maytenus cassineformis*) e embira (*Daphnopsis racemosa*), além de outras espécies de mirtáceas. Mas na orla da mata, nota-se a presença de aroeira-salvo (*Schinus molle*), assobiadeira (*Schinus polygamus*) e cambará (*Gochnatia polymorpha*), entre outras. O escleromorfismo é acentuado, resultando em folhas endurecidas e com superfície reduzida, além da presença de espécies com espinhos. Tais características também são encontradas nas matas de restinga que ocorrem nos terrenos arenosos na margem do Guaíba.

Encosta do Morro São Pedro, com mata subxerófila e campo rupestre.



As matas psamófilas, ou matas de restinga arenosa, são formadas por corredores florestais geralmente contínuos, em linha paralela à margem do Guaíba, ou em forma de capões de 6m a 10m de altura. O estrato arbóreo superior é constituído, comumente, por branquilha (*Sebastiania serrata*), aguáimirim (*Chrysophyllum marginatum*), ipê-amarelo-da-praia

(*Tabebuia pulcherrima*), coronilha-da-praia (*Sideroxylon obtusifolium*) e capororocão (*Myrsine guianensis*), entre outras. Nas margens das matas é comum o pessegueiro-do-campo (*Eugenia myrcianthes*) e o cactus-tuna (*Cereus hildmannianus*). Nestas matas de restinga, podem ser observadas algumas espécies emergentes e de grande importância fisionômico-paisagística, como a figueira-de-folha-miúda (*Ficus cestrifolia*), o jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) e a timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum*). Os aspectos morfológicos são semelhantes àqueles das matas subxerófilas, destacando-se a presença de folhas com superfície lustrosa, associadas à função de reflexão dos raios solares.

As matas ripárias, chamadas comumente de matas ciliares, ribeirinhas ou de galeria, ocorrem junto aos cursos d'água com altura entre 5m e 12m. A composição florística é comum à maior parte das chamadas Florestas Aluviais definidas pelo IBGE (2004). Na mata ripária propriamente dita ocorrem elementos arbóreos pioneiros de grande porte, tais como o salgueiro (*Salix humboldtiana*), a corticeira-do-banhado (*Erythrina cristagalli*) e o ingá-banana (*Inga vera*). A mata climática tem composição variável apresentando, entretanto, espécies típicas como o aguai-mata-olho (*Pouteria gardneriana*), o sarandi-amarelo (*Terminalia australis*), o tarumã-preto (*Vitex megapotamica*), o camboinzão (*Myrciaria floribunda*), o branquilha (*Sebastiania serrata*), o açoita-cavalo (*Luehea divaricata*) e a figueira-de-folha-miúda (*Ficus cestrifolia*). Quando em terrenos arenosos ou hidromórficos junto ao Lago Guaíba, essa espécie geralmente estão dispostas em uma faixa interna à vegetação arbustiva de sarandis (*Sebastiania schottiana*) e/ou herbácea, formada por juncal (*Schoenoplectus californicus*).



Mata ripária, campo úmido, banhado e sarandizal na Reserva Biológica do Lami.

As matas brejosas ou paludosas têm composição florística originária predominantemente da Floresta Ombrófila Densa, sendo uma continuidade de formações de solos úmidos ou encharcados, que ocorrem na Planície Costeira do Litoral Norte. São pouco comuns no município de Porto Alegre e estão restritas a pequenos terrenos coluviais. O dossel é irregular, entre 8m e 15m, apresentando como espécies típicas de maior porte o tarumã-branco (*Citharexylum myrianthum*), a embaúba (*Cecropia pachystachya*), a figueira-purgante (*Ficus adathodifolia*), a corticeira-do-banhado (*Erythrina cristagalli*), a congonha (*Citronella gongonha*) e o jerivá (*Syagrus romanzoffiana*).

O maricazal é uma vegetação predominantemente homogênea, com altura entre 1,5m e 5m, formada quase que exclusivamente por maricá (*Mimosa bimucronata*). Ocorre em planícies úmidas da Depressão Central e tem presença marcante no município de Porto Alegre, principalmente em sua porção norte (bacia do Rio Gravataí) e sudoeste (próximo às margens do Lago Guaíba). É polêmica a origem do maricazal, pois está associado a terrenos que tiveram forte alteração, correspondendo a uma formação sucessional, que reocupa áreas anteriormente florestais ou campos de várzea deixados sem atividade agrícola por alguns anos.

O sarandizal é uma formação anfíbia, de 2m a 3m de altura, encontrada muitas vezes nas margens do Lago Guaíba e rios tributários. Ele se localiza em faixa interna ao juncal e externa à mata ripária, predominando o sarandi-vermelho (*Sebastiania schottiana*), o sarandi-branco



Maricazal e campo úmido na várzea do Arroio do Salso.

(*Cephalanthus glabratus*) e o sarandi (*Phyllanthus sellowianus*), além de arbustos típicos de banhado como o cambaí-vermelho (*Sesbania punicea*) e o maricá (*Mimosa bimucronata*).

A vegetação arbustiva ocorre em locais originalmente cobertos por mata que foram desmatados e posteriormente abandonados. Corresponde, portanto, a um estágio sucessional inicial de floresta. Entretanto, existem áreas onde este tipo de vegetação corresponde a um estágio sucessional avançado, em decorrência da presença de relevo ondulado a forte ondulado com solos rasos e bem drenados. A vegetação arbustiva é composta por espécies típicas dos primeiros estádios sucessionais: o fumo-bravo (*Solanum mauritianum*), a canema (*Solanum pseudoquina*), a grandiúva (*Trema micrantha*), a vassoura-branca (*Baccharis dracunculifolia*), a camaradilha (*Lantana camara*), a vassoura-vermelha (*Dodonaea viscosa*) e as vassouras (*Baccharis patens*, *Baccharis rufescens*, *Baccharis spicata*, *Eupatorium ligulifolium* e *Heterothalamus psiadioides*). O vassoural é o estágio em que se estabelecem, num primeiro momento, as espécies lenhosas. Ele possui menor riqueza específica, podendo apresentar certa homogeneidade fisionômica, determinada pela presença marcante da vassoura-vermelha (*Dodonaea viscosa*). Estádios sucessionais posteriores apresentam a paulatina substituição das vassouras por outras espécies lenhosas, até a formação de um dossel arbóreo contínuo.

A vegetação herbácea está presente nos banhados, nos campos nativos e nos campos manejados. Os banhados são áreas com predomínio de ciperáceas. Por serem de difícil acesso, são

bem preservados, sendo que as maiores extensões desta formação estão concentradas no Delta do Jacuí. Os campos nativos são encontrados tanto em áreas mal drenadas como em áreas bem drenadas. Nas regiões de várzea, onde o solo é mal drenado, há predomínio de gramíneas rasteiras que cobrem bem a superfície do solo. Por essa razão, as várzeas são utilizadas para a criação de animais (bovinos e ovinos). Nas áreas de topo de morro, onde o solo é raso e bem drenado, ocorrem os campos rupestres, caracterizados por alta riqueza, especialmente de compostas e gramíneas. Esta alta riqueza específica se deve em grande parte ao uso do fogo. Nesta formação, as espécies são predominantemente eretas. Os campos manejados, geralmente localizados em áreas mal drenadas, estão associados à rotação entre a pecuária e a agricultura (principalmente lavouras de arroz e cultura de hortaliças).

Os banhados distribuem-se nas zonas Norte e Sudoeste do município, em áreas com solos mal drenados. As espécies arbustivas dos banhados são o sarandi-amarelo (*Cephalanthus glabratus*), o cambaí (*Sesbania punicea*) e o hibisco-do-banhado (*Hibiscus spp.*). O estrato herbáceo pode apresentar como elementos típicos *Hymenachne pernambucense*, *Schoenoplectus californicus*, as tiriricas (*Cyperus odoratus*, *Rhynchospora corymbosa*, *Scirpus giganteus*), a cruz-de-malta (*Ludwigia spp.*), o aguapé-comprido (*Pontederia*

Banhados na Ilha das Balseiras  
no Delta do Jacuí.



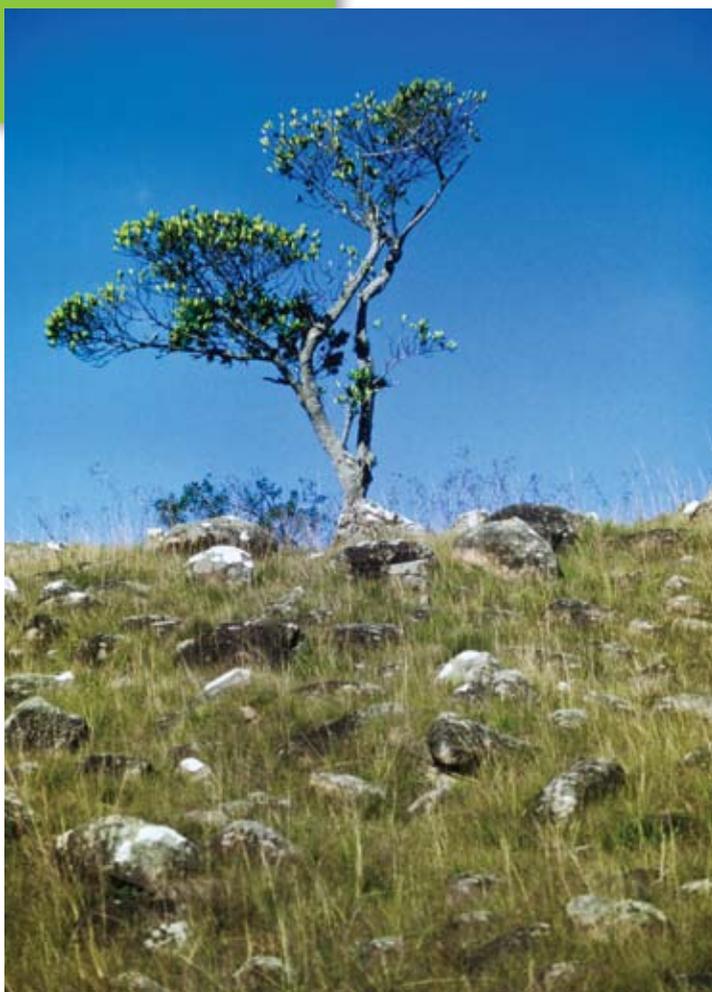
*cordata*), a taboa (*Typha dominguensis*), o chapéu-de-couro (*Echinodorus grandiflorus*), *Sagittaria montevidensis*, o caraguatá-do-banhado (*Eryngium pandanifolium*) e as gramas-boiadeiras (*Leersia hexandra* e *Luziola peruviana*), entre outras.

Os campos apresentam nas áreas bem drenadas muitas espécies prostradas e eretas que cobrem a superfície do solo. Entre estas espécies encontramos a grama-forquilha (*Paspalum notatum*), *Paspalum plicatulum*, *Paspalum pauciciliatum*, *Eragrostis lugens*, o capim-touceirinha (*Sporobolus indicus*), o pega-pega (*Desmodium incanum*), o alecrim-do-campo (*Vernonia nudiflora*) e *Kyllinga odorata*. Em campo mal drenado, encontramos muitas gramíneas, como a grama-tapete (*Axonopus affinis*), *Paspalum jesuiticum*, *Paspalum pumilum* e *Ischaemum minus*, além de muitas ciperáceas, como *Eleocharis viridans*, *Eleocharis bonariensis*, *Carex sororia*, *Cyperus rigens*, *Fimbristylis dichotoma*, *Fimbristylis autumnalis*, *Pycreus lanceolatus*, *Pycreus polystachyos*, *Rhynchospora barrosiana* e *Rhynchospora tenuis*. Estas espécies são responsáveis pela fisionomia desses campos.

**Campo manejado de solo arenoso, bem drenado no Lami.**



**Campo rupestre no Morro São Pedro.**



Os campos rupestres apresentam formação semelhante àquela da região do Escudo Sul-rio-grandense, sendo que a cobertura herbácea é formada basicamente por gramíneas, compostas e leguminosas. Destacam-se como dominantes as gramíneas *Trachypogon montufari*, *Schizachyrium tenerum*, capim-caninha (*Andropogon lateralis*), *Sorghastrum albescens*, *Agenium villosum*, *Axonopus suffultus* e *Axonopus siccus*; as compostas *Baccharis sessiliflora*, *Baccharis caprariefolia*, *Calea uniflora*, *Eupatorium intermedium*; as leguminosas *Mimosa acerba*, *Macroptilium prostratum*, *Collaea stenophylla*, pega-pega (*Desmodium incanum*) e *Rhynchosia corylifolia*; as umbelíferas caraguatá (*Eryngium horridum*) e *Eryngium pristis*; e as ciperáceas *Bulbostylis capillaris*, *Bulbostylis sphaerocephala* e *Rhynchospora rugosa*.

## Tipos de ocupação

Os tipos de ocupação foram interpretados buscando complementar o mapa de vegetação em um detalhamento compatível, aproveitando o mesmo mosaico de imagens. Com essa abordagem tenta-se evitar a reprodução das características da maior parte dos mapeamentos municipais e urbanos de vegetação e de ocupação. Geralmente elaborados de forma independente, a falta de complementaridade entre os dois temas gera grandes dificuldades numa posterior união para a realização de análises quantitativas. A legenda utilizada no mapeamento é hierárquica, visando a utilização da informação em diferentes níveis de detalhe.

A área alterada pode ser compreendida por aquelas superfícies onde a cobertura vegetal original foi removida ou muito descaracterizada para dar lugar a algum uso antrópico, no mesmo sentido utilizado por IBGE (1992). Embora a legenda caracterize tipos de cobertura, a partir deles pode-se identificar, mas não

quantificar o uso predominante. A alteração foi dividida em dois grandes grupos de cobertura: rural e urbana. A cobertura rural, com exceção do extremo nordeste do município, junto às margens do Rio Gravataí, está concentrada no sul do município. Os cultivos temporários de arroz são típicos das várzeas úmidas do Gravataí e da porção sul do município. Os demais cultivos temporários contemplam principalmente diferentes tipos de grãos, pastagens plantadas e a produção de hortaliças, além de vários outros cultivos menos expressivos.

Os cultivos permanentes têm nos pomares de pêssego, ameixa e uva, entre outros, sua representação principal. Esses cultivos são típicos dos bairros Belém Velho e Vila Nova, entre outros da porção sul do município. O cultivo florestal é feito em pequenos talhões descontínuos e tem, provavelmente, um uso local como lenha, moirões para cercas e material de construção. As edificações rurais representam as casas, galpões, estábulos, pocilgas, aviários e outras benfeitorias.



**Bosques de eucalipto e campos rupestres, manejados com fogo, nas encostas do Morro da Polícia. Ao fundo, intensa ocupação urbana em contraste com o verde do Parque Estadual Delta do Jacuí.**

A cobertura antrópica urbana corresponde à área urbanizada do município. A subdivisão adotada buscou caracterizar padrões de urbanização ou áreas com estrutura urbana similar. Do ponto de vista ambiental, essa caracterização permite estimar a rugosidade/verticalidade, a impermeabilização e a proporção de espaços verdes públicos e privados urbanos, num detalhamento proporcional com aquele utilizado na caracterização da cobertura das áreas não urbanizadas do município.

As edificações urbanas foram discriminadas em função da verticalidade e do padrão de distribuição espacial. A área de edifícios corresponde ao centro da cidade e aos bairros vizinhos, e refere-se à cidade radiocêntrica (Lei Complementar 434/99

do PDDUA), exceto a porção norte. Os edifícios são francamente predominantes, altos e com elevada taxa de ocupação. Essa característica confere à área um grande armazenamento de calor (Hasenack & Ferraro, 1998) e baixa densidade de borboletas (Ruszczuk, 1998), além de altas taxas de impermeabilização (v. capítulo Drenagem).

No centro, predominam funções de comércio e serviços, mas também residencial, enquanto nos bairros periféricos ao centro e ao longo das avenidas Cristóvão Colombo, Oswaldo Aranha-Protásio Alves e João Pessoa, há comércio e serviços embora predomine a função residencial. Entre as avenidas Castelo Branco e Cristóvão Colombo-Benjamim Constant observa-se alta concentração de prédios comerciais de grande porte e que, apesar de possuírem geralmente um ou dois pavimentos, ocupam praticamente todo o terreno, sendo as áreas verdes privadas extremamente raras. Têm função predominante comercial. A baixa permeabilidade e os terrenos planos favorecem os alagamentos em períodos de precipitação intensa.

A categoria Edifícios e casas distribui-se de forma concêntrica às áreas anteriores. Corresponde a uma faixa urbanizada entre a área de edifícios e a área de casas, onde há uma

distribuição equivalente de edifícios e casas. Essa faixa vem ao longo dos anos migrando paulatinamente para áreas mais distantes do centro e dos eixos viários principais em consequência da crescente verticalização urbana. A função é predominantemente residencial e a taxa de ocupação dos terrenos é menor do que a da área de edifícios.

Tanto os edifícios quanto as casas apresentam jardins indicando uma taxa de impermeabilização menor. Sucede radialmente a área de Casas. Nesta há franca predominância de casas unifamiliares individuais ou como conjunto residencial. A função é residencial e os espaços verdes são ainda maiores do que os da categoria anterior.

A categoria Casas isoladas corresponde ao que Hickel *et al.* (1998) denominaram Cidade Jardim, junto ao Guaíba, nos bairros residenciais de Ipanema, Vila Assunção, Vila Conceição, Pedra Redonda, Espírito Santo, Guarujá, principalmente. As casas encontram-se em terrenos amplos, bastante arborizados e de baixa impermeabilização. Paulatinamente se observa a substituição de muitos destes terrenos por conjuntos residenciais unifamiliares aumentando sensivelmente a taxa de ocupação dos terrenos, reduzindo a permeabilidade e aumentando o armazenamento de calor.

Na periferia urbana no norte do município, nas ilhas do Delta do Jacuí e nas encostas dos morros altos, observa-se a Ocupação espontânea. Ela se caracteriza pela alta concentração residencial e ausência de padrão viário. Normalmente corresponde a áreas de ocupação irregular. Por terem sido ocupadas sem infra-estrutura prévia, estão freqüentemente sujeitas a inundações quando localizadas nas várzeas ou a deslizamentos de encosta quando localizadas em encostas íngremes.

As áreas pavimentadas correspondem a vias de tráfego e pátios de manobra ou estacionamento, as quais, embora não edificadas, apresentam-se praticamente impermeabilizadas. Também foram identificadas áreas que, à época da obtenção das imagens, encontravam-se com solo exposto. No interior ou junto à área urbana, correspondem a terrenos que estão recebendo infra-estrutura para fins de construção imobiliária. Em áreas ocupadas pelo Antrópico rural, correspondem a parcelas em preparo para cultivos temporários.

## Mapeamento

O mapeamento de vegetação realizado por ocasião do Diagnóstico Ambiental teve como objetivo identificar e caracterizar genericamente estes remanescentes de vegetação natural, mas também os diferentes usos que se fazem observar. A ocupação urbana foi mapeada juntamente com a vegetação, a fim de permitir a perfeita justaposição e complementaridade dos dois temas em todo o território do município. O mapa resultou da interpretação em tela sobre um mosaico de imagens do satélite Quickbird obtidas durante o período de março de 2002 e março de 2003. Foram realizados exercícios de interpretação e trabalho de campo visando consolidar a interpretação e harmonizar os critérios de delimitação das unidades de mapeamento. Os resultados de simulações foram analisados com base nos dados de campo e no conhecimento dos especialistas em vegetação. As áreas discordantes foram então apontadas e discutidas, com a finalidade de uniformizar os critérios de mapeamento.

## Trabalho de campo

O trabalho de campo foi realizado na forma de várias expedições durante todo o período do mapeamento da vegetação. Os diversos percursos, desde a primeira expedição conjunta com representantes de todas as áreas temáticas até as últimas aferições, serviram para definir as classes a serem mapeadas e para apoiar a sua delimitação sobre as imagens, bem como para resolver dúvidas de interpretação. Também um voo de reconhecimento com avião monomotor serviu para auxiliar na delimitação dos tipos de vegetação das áreas úmidas na orla do Guaíba, no Delta do Jacuí

Interior de mata ciliar com matações de granito na orla do Morro do Sábã.



vegetação/ocupação

e na várzea do Rio Gravataí. Para registrar melhor os locais de interesse, utilizou-se um aparelho receptor GPS (Global Positioning System) e câmera fotográfica.

## Legenda

Tendo por objetivo utilizar o mapeamento nos processos de licenciamento ambiental, entre outros, buscou-se obter uma legenda viável para o mapeamento em escala 1:15.000 que permitisse abranger a heterogeneidade da cobertura vegetal do município e garantir a manutenção da homogeneidade entre os critérios de delimitação das manchas por diferentes técnicos, durante a interpretação das imagens. As classes compreendem:

Parque Farroupilha apresenta vegetação do tipo Bosque.



## Vegetação arbórea

### Mata nativa

Esta formação arbórea é composta por espécies nativas, sem alteração significativa nos estratos inferiores e em bom estado de conservação. Também inclui matas em estágio sucessional avançado, mas com presença de espécies exóticas (pínus, eucalipto, acácia etc.), o que indica alguma interferência antrópica.

### Mata degradada

É uma formação arbórea composta predominantemente por espécies nativas, em que se verifica algum grau de degradação, como a presença de trilhas, voçorocas, desmatamentos, depósito de rejeitos e outros. Esta formação tem potencial de recuperação se os fatores de degradação cessarem.

### Bosque

É uma formação arbórea do tipo parque, caracterizada por um dossel contínuo com estratos inferiores descaracterizados ou ausentes. Esta classe é típica de áreas submetidas a pastejo ou utilizadas para lazer em parques e praças.

## Vegetação arbustiva

Esta classe é uma formação arbóreo-arbustiva composta por mata em estágio intermediário de sucessão, com predomínio do estrato arbustivo e presença de elementos arbóreos isolados. Vulgarmente conhecida como capoeira e vassoural.

## Vegetação herbácea

### Banhado

A classe banhado constitui uma formação herbáceo-arbustiva, típica de áreas úmidas, com dominância de espécies de ciperáceas.

### Campo nativo

A classe campo nativo constitui uma formação herbácea composta principalmente por gramíneas, e que apresenta baixa pressão antrópica. Pode conter elementos arbustivos característicos do estágio inicial de sucessão, situação esta também conhecida como campo sujo. Inclui os campos de várzea e os campos rupestres.

Os campos de várzea ocorrem em áreas planas e úmidas, com predomínio de espécies rasteiras que cobrem bem o solo.

Os campos rupestres são característicos de topos de morros e terrenos ondulados de Porto Alegre e são compostos por espécies nativas de porte ereto típicas de ambientes de solos rasos, com presença de afloramento rochoso.

### Campo manejado

A classe campo manejado constitui uma formação herbácea submetida a pastejo ou a cortes periódicos, constituindo uma cobertura vegetal bastante homogênea.

É típica de áreas de criação de gado, lavouras de arroz em pousio, áreas de lazer e gramados urbanos. Quando submetidos a alta pressão antrópica, ocorre redução do número de espécies e da densidade de cobertura, constituindo uma cobertura vegetal descontínua e pouco densa.

### Áreas sem vegetação

Afloramento rochoso: áreas com presença de rocha exposta.

### Cultivos

Cultivo permanente: cultivo de espécies perenes, especialmente pomares.

Rótula da III Perimetral  
no encontro da  
Av. Carlos Gomes  
com Protásio Alves.



Cultivo temporário: cultivo de espécies anuais (milho, arroz, por exemplo) ou olerícolas.

Silvicultura: cultivo de espécies lenhosas exóticas (pínus, eucalipto, acácia).

## Edificações rurais

Edificações rurais diversas: edificações e instalações rurais em geral (casas, silos, galpões, pocilgas, aviários, estábulos etc.).

## Casas isoladas

Áreas com ocupação predominante de casas, mas com terrenos grandes que resultam em maior afastamento entre as edificações. Têm baixa densidade de ocupação e apresentam grande área verde.

## Ocupação espontânea

Geralmente área de ocupação irregular, sem padrão viário e com várias casas por terreno. As ruas são sinuosas e nem todos os terrenos têm frente para a rua. Em áreas consolidadas, a densidade de casas de tamanho reduzido é elevada.

## Edificações urbanas

### Edifícios

Áreas com ocupação predominante por edifícios individuais ou blocos de edifícios de quatro ou mais pavimentos.

### Edifícios e casas

Áreas com ocupação predominantemente residencial, com proporção equivalente de casas e edifícios, sendo estes geralmente de pequeno porte. Estas áreas representam setores em fase de adensamento, com as casas sendo gradualmente substituídas por edifícios.

### Casas

Áreas com ocupação predominante de casas em loteamentos. O desenho urbano é variado, mas o arruamento é regular, embora os terrenos tenham tamanho bastante variável. Contêm, na quase totalidade, residências unifamiliares. Incluem também conjuntos residenciais unifamiliares.

Classe	Subclasse		Legenda do mapa	Proporção (%)	
Vegetação	Vegetação natural	Arbórea	Mata nativa	21,51	
			Mata degradada	0,63	
			Bosque	0,62	
		Arbustiva	Vegetação arbustiva	3,86	
		Herbácea	Banhado	5,85	
			Campo nativo	7,43	
				Campo manejado	21,12
			Áreas sem vegetação	Afloramento rochoso	0,09
	Ocupação	Antrópico rural	Cultivos	Cultivo temporário	3,24
Cultivo permanente				0,28	
Silvicultura				0,43	
Edificações rurais			Edificações rurais diversas	0,62	
Antrópico urbano			Edificações urbanas	Edifícios	3,03
				Edifícios e casas	2,99
		Casas		11,97	
		Casas isoladas		1,93	
		Ocupação espontânea		3,32	
			Áreas não edificadas	Vias	2,66
				Solo exposto	1,32
	Água	Corpos d'água	Água	0,62	

Proporção ocupada pelas classes de vegetação e ocupação.

## Pavilhões

Edificações de grande superfície construída, como fábricas, armazéns, galpões, depósitos etc. Inclui também os cemitérios.

## Áreas não edificadas

### Solo exposto

Áreas antropizadas, com solo sem cobertura vegetal (aterros, obras de terraplenagem, mineração etc.)

### Vias

Inclui todas as vias e áreas pavimentadas com largura significativa em relação ao entorno, possíveis de individualizar na escala do mapeamento.

## Água

### Corpos d'água

Inclui diversos corpos d'água com largura significativa na escala de mapeamento (arroyos, açudes, barragens etc).

## Referências

Aguiar, L.W.; Bueno, O.L.; Soares, Z.F.; Mariath, J.E.; Klein, R.M. 1986. Estudo preliminar da flora e vegetação de morros graníticos da Região da Grande Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia** (34): 3-38.

Boldrini, I.I.; Miotto, S.T.S.; Longhi-Wagner, H.M.; Pillar, V.P.; Marzall, K. 1998. Aspectos florísticos e ecológicos da vegetação campestre do Morro da Polícia, Porto Alegre, RS, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 12 (1): 89-100.

Brack, P.; Rodrigues, R.S.; Sobral, M.; Leite, S.L.C. 1998. Árvores e arbustos na vegetação natural de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia**, Série Botânica 51(11):139-166.

IBGE. 1992. **Manual técnico da vegetação brasileira. Rio de Janeiro**, IBGE. 92p. (Série Manuais técnicos em Geociências, n.1)

IBGE. 2004. **Mapa de vegetação do Brasil**. Rio de Janeiro, IBGE.

Hasenack, H.; Ferraro, L.W.1998. Clima urbano: ilhas de calor e ventos fortes na selva de pedra. In: Menegat, R. (org.) 1998. **Atlas ambiental de Porto Alegre. Porto Alegre**, Editora da Universidade. p.47-148.

Porto, M.L. & Menegat, R. 1998. Mapa fitofisionômico da América do Sul e rotas migratórias. Pp. 48. In: Menegat, R.; Porto, M.L.; Carraro, C.C.; Fernandes, L.A.D. **Atlas ambiental de Porto Alegre**. Porto Alegre: Editora da Universidade. 228p.

Porto, M.L. & Menegat, R. 1998. Mapa fito-fisionômico da América do Sul e rotas migratórias. Pp. 48. In: Menegat, R.; Porto, M.L.; Carraro, C.C.; Fernandes, L.A.D. **Atlas ambiental de Porto Alegre. Porto Alegre**: Editora da Universidade. 228p.

Rambo, B. 1954. Análise histórica da flora de Porto Alegre. **Sellowia** (6): 9-111.

Ruszczuk, A. 1998. Borboletas: indicadoras da qualidade ambiental. In: Menegat, R. (org.) 1998. **Atlas ambiental de Porto Alegre**. Porto Alegre, Editora da Universidade. p.69-70.

Setubal, R.B. 2006. **Inventário florístico e aspectos sobre a conservação dos campos do Morro São Pedro, Porto Alegre, RS**. Monografia de bacharelado em Ciências Biológicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 54p. (inédito)

# Paisagem

## Introdução

Porto Alegre apresenta uma paisagem singular, que congrega áreas rurais com outras altamente urbanizadas. A paisagem do município – situado nos limites das regiões continental e costeira e das zonas tropical e temperada – é composta por um mosaico (espacial, territorial) em que se destacam o ambiente natural (69,06%) e o ambiente construído (30,94%).

Nesta paisagem destaca-se, ainda, o seu elemento integrador natural, representado pelo Lago Guaíba, um corredor de troca e condução de matéria e energia, com importante função ecológica, econômica e social.

Este capítulo procura descrever e interpretar a heterogeneidade espacial existente, analisada neste Diagnóstico através de informações dele derivadas (e de outras já disponíveis). A paisagem pode ser ilustrada e exemplificada através da descrição de 11 diferentes paisagens características da ocupação de Porto Alegre e de seus diferentes ambientes naturais. Cada janela apresentada é apenas uma amostra de paisagens características que se repetem em outras áreas do município.

Cerca de 65% da paisagem natural de Porto Alegre é composta por uma matriz de áreas ainda não ocupadas pela urbanização, com dezenas de morros graníticos de origem bastante antiga, formados entre 650 e 800 milhões de anos atrás, a partir da colisão de blocos continentais. A visão proporcionada pelos topos de alguns destes morros permite verificar como as características naturais existentes no município condicionam a ocupação humana, influenciando diretamente a vida dos habitantes.

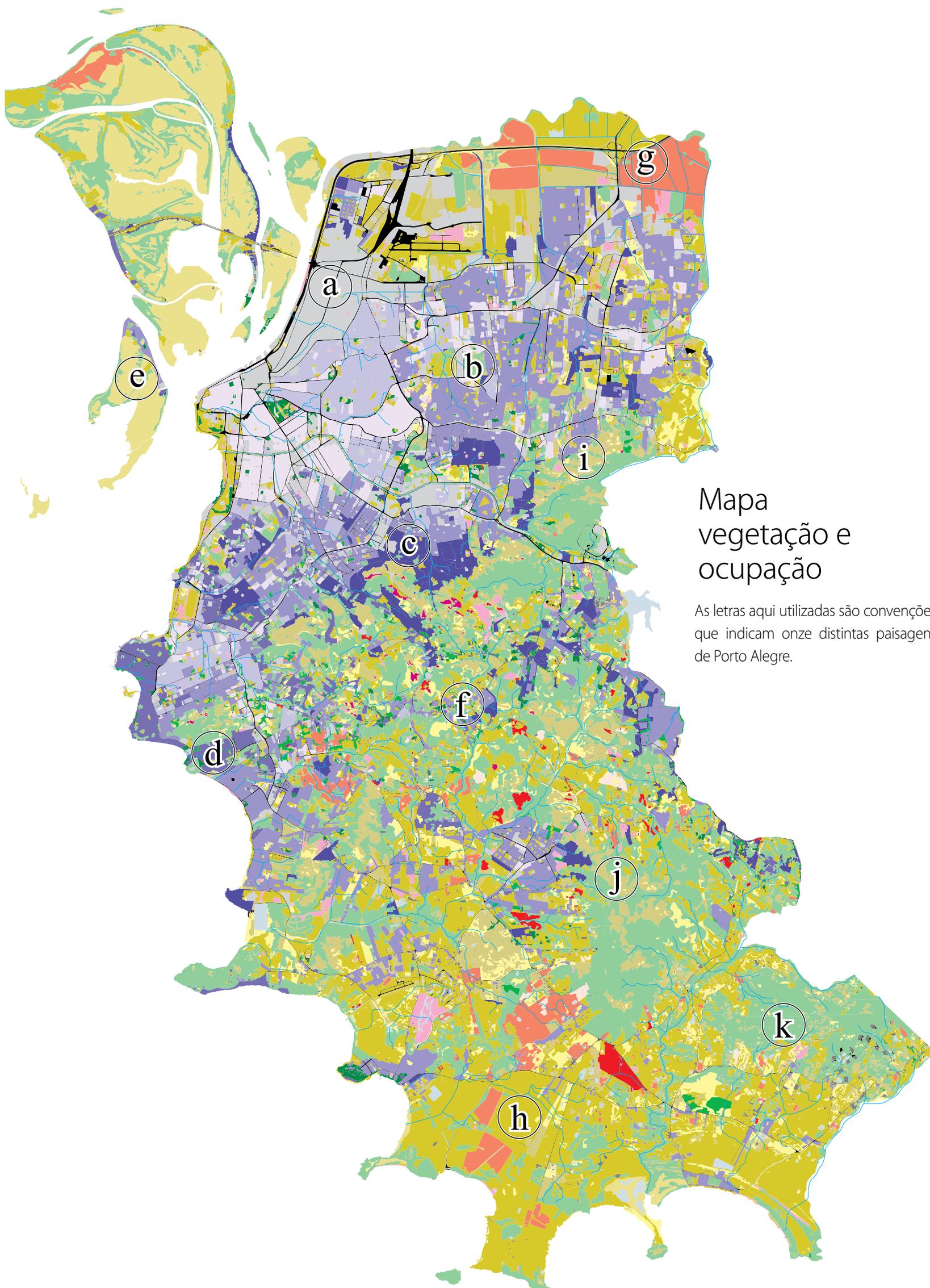
A possibilidade de ocupação racional do território pelo homem é influenciada pela aptidão dos espaços naturais. Se o adensamento urbano excessivo em algumas áreas gera ilhas de calor, e se as modificações no escoamento superficial da água,



com a eliminação da vegetação e a impermeabilização crescente do solo, provocam alagamentos, o planejamento e o ordenamento territorial é uma solução para esses problemas. São eles que estabelecem diretrizes e ações técnico-científicas para compatibilizar o desenvolvimento socioeconômico e a expansão urbana com a conservação da diversidade biológica e a melhoria da qualidade de vida das populações atuais e futuras. Como a paisagem é dinâmica, esse planejamento também deve acompanhá-la, de forma a ser sustentável.



Centro da cidade, mostrando a Usina do Gasômetro e o Parque da Harmonia, tendo ao fundo o Delta do Jacuí.

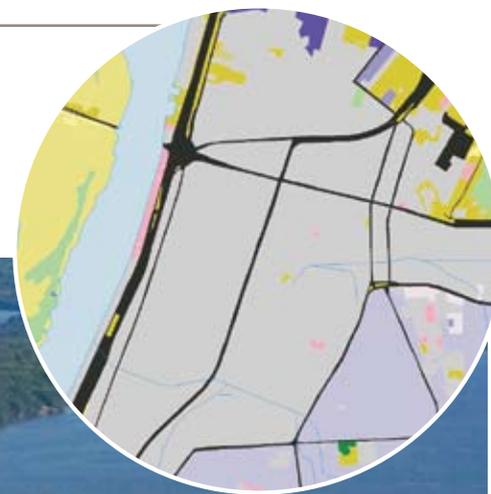


## Mapa vegetação e ocupação

As letras aqui utilizadas são convenções que indicam onze distintas paisagens de Porto Alegre.

# Onze paisagens características de Porto Alegre

## Ⓐ Alta ocupação urbana



Delta do Jacuí e bairro Navegantes, área densamente ocupada.



**Navegantes** – Localizada entre a Estação Rodoviária e a ponte sobre o Delta do Jacuí, esta região – uma das primeiras a serem ocupadas pelos imigrantes açorianos que fundaram a cidade, no século XVIII – sempre esteve vinculada às atividades portuárias. E, justamente por apresentar condições apropriadas para abrigar um porto, foi escolhida para receber o primeiro adensamento populacional.

Mas, as atividades comerciais e industriais ocasionaram a eliminação dos ambientes naturais: as antigas várzeas úmidas foram paulatinamente aterradas e sobre elas foram construídos pavilhões que serviram para armazenar a carga que era desembarcada dos navios.

O primeiro núcleo estabeleceu-se junto à margem, entre a Rua Voluntários da Pátria e o Cais Marçílio Dias. Depois da famosa enchente de 1941, que inundou a cidade, foram realizadas obras contra as cheias junto à orla, como o Muro da Av. Mauá e o dique sobre o qual se construiu a Av. Dique (mais tarde denominada Av. Presidente Castelo Branco).

Com essas obras, a cidade ficou protegida contra as cheias, mas a área foi sendo segregada do porto. E o bairro Navegantes, com densa ocupação, alta pavimentação e relevo baixo, não se livrou dos alagamentos, provocados pela baixa permeabilidade do solo e pela falta de escoamento.



Vista do Cais do Porto a partir da Ilha do Chico Inglês.



Detalhe de fachada em casario histórico na Av. Polônia.



Vista aérea do centro da cidade, mostrando dois sistemas de transporte: o rodoviário, através das avenidas e Estação Rodoviária; e o fluvial, através dos barcos ancorados e do Cais do Porto.

## ⓑ Alta taxa de edificação de residências e comércio



Diversos ângulos do bairro Boa Vista nas imediações do Parque Germânia e do Shopping Iguatemi.



**Boa Vista, Chácara das Pedras e Cristo Redentor -** Altas taxas de edificação, tanto residencial quanto comercial, com edifícios residenciais e casas conjugadas com prédios comerciais. As ruas secundárias são bastante arborizadas. Exceto as avenidas principais, de saída da cidade pela zona norte, como a Assis Brasil.

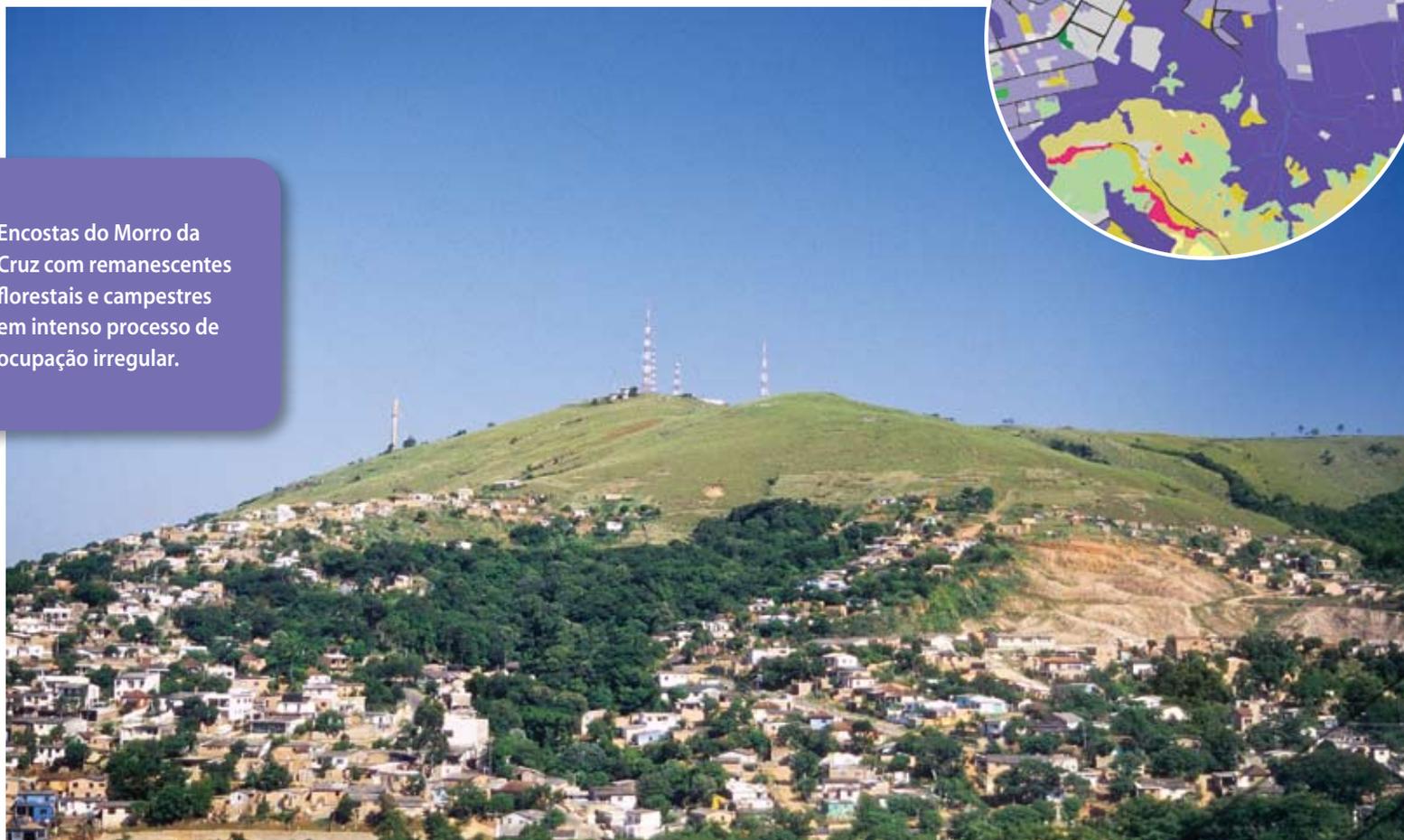
A paisagem dessa região vem se transformando com o tempo. Anos atrás, esses bairros eram ocupados basicamente por residências. Hoje as grandes vias, como a Nilo Peçanha, são dotadas de um intenso comércio. Cada vez mais há substituição de casas por edifícios, o que tem aumentado a taxa de urbanização e reduzido os espaços verdes privados. Originalmente, era uma região de campo seco, com butiazais e cactáceas.



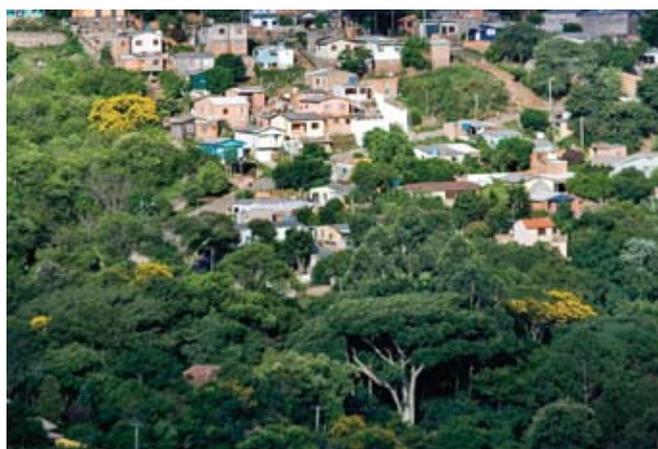
## © Morro com matacões e áreas íngremes



Encostas do Morro da Cruz com remanescentes florestais e campestres em intenso processo de ocupação irregular.



**Glória, Partenon e Cascata** – Apresenta matacões e áreas bastante íngremes. A ocupação irregular nessas áreas foi estabelecida nas últimas décadas e segue crescendo. Oferece risco de deslizamentos e de incêndios, podendo provocar desastres do ponto de vista humano e natural. Além da ocupação irregular, ocorre a coleta de lenha e a presença de queimadas, o que coloca em risco as nascentes e a qualidade da água dos arroios do município. No Morro da Polícia, por exemplo, áreas com vegetação natural que antes absorviam a água da chuva, hoje, foram substituídas por construções, muitas vezes irregulares, contrariando a legislação de proteção de Áreas de Preservação Permanente (APP).



Nesses locais, a expansão urbana e a pavimentação têm contribuído para aumentar a velocidade da água em direção aos arroios em dias de chuva. Ao mesmo tempo em que é vista como uma melhoria para a cidade, a pavimentação exige cuidados no seu planejamento e implantação, pois pode trazer como consequência o aumento da impermeabilização do solo. Até pouco tempo atrás, os morros mais altos de Porto Alegre eram uma barreira à expansão urbana, fator também associado à não-existência de vias de acesso. A acessibilidade recentemente implantada favoreceu a ocupação.



Ocupações irregulares no Morro da Polícia.

## ④ Média ocupação com ambientes naturais



Morro do Osso,  
Morro do Sabiá e  
Praia de Ipanema.



**Pedra Redonda** - Aqui a paisagem assemelha-se àquela de uma cidade do interior. Uma região residencial com ocupação urbana de média densidade, com maior presença de casas, com amplos jardins, convivendo em harmonia com ambientes naturais.

A área também apresenta a vista sul do Parque Natural do Morro do Osso, à esquerda, com o Morro do Sabiá, à direita. O Morro do Osso, que atinge 143m de altura, apresenta vegetação com matas e campos rupestres – com matações de granito e solos jovens, rasos e rochosos. Sua formação é de Granito Ponta Grossa, com solos litólicos e Neossolos. Apesar da sua importância ambiental, encontra-se altamente ameaçado por ocupações irregulares e isolado pela urbanização dos bairros do seu entorno, Ipanema, Tristeza, Cavalhada e Camaquã.



*Mandevilla coccinea*  
Foto Rafael Trevisan



*Baccharis patens*  
Foto Rafael Trevisan

Bairros Tristeza  
e Camaquã,  
na encosta norte  
do Morro do Osso.



## © Campos, matas e banhados de várzea



Banhados e campos na Ilha da Pintada.

**Ilha da Pintada** – Localizada entre o Canal do Rio Jacuí, e o Saco Santa Cruz (Lago Guaíba). Dispõe de uma arquitetura típica de regiões alagáveis, com casas de madeira construídas sobre palafitas ou aterros feitos pelos próprios moradores. Nas últimas décadas, o surgimento de residências de luxo e também de ocupações espontâneas vem alterando rapidamente a paisagem natural.

O bairro Arquipélago apresenta ocupação urbana antiga e a maior concentração populacional das ilhas do Delta do Jacuí. Esta região – com amplas áreas de banhados, campos úmidos e matas – é sujeita a cheias em períodos de chuva prolongada. Contém áreas de banhado permanente, banhado transitório e áreas secas. Passam por ali cerca de 40% das águas do Rio Grande do Sul.

A Ilha da Pintada faz parte do Parque Estadual do Delta do Jacuí, criado para conservar a diversidade biológica local e proteger o conjunto de ilhas de origem sedimentar, e que retardam as cheias, evitando que as águas cheguem com força à zona urbana de Porto Alegre.

A cultura da pesca ainda subsiste no Delta do Jacuí.



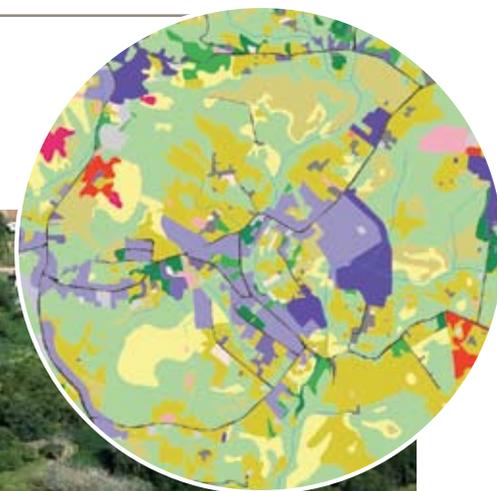
*Scirpus giganteus*  
Foto Rafael Trevisan



*Eryngium pandanifolium*  
Foto Ilsi Boldrini



## ⓕ Área rural com agricultura



Encostas suaves ocupadas por culturas de hortifrutigranjeiros e remanescentes de mata mesófila em Belém Velho.

**Belém Velho** – Antigo arraial que ainda mantém caráter rural, com prática de agricultura, como sítios, pomares, hortas. Ocupada desde o início do século XIX, quando um grupo de fiéis arrematou o terreno para construção de uma capela consagrada a Nossa Senhora de Belém. A rápida transferência da sede da freguesia para perto da orla do Guaíba, no final do mesmo século, iniciou o processo de ocupação de Belém Novo, porém a região manteve-se relativamente longe da expansão urbana.



Horta e remanescentes de mata em Belém Velho.



Campos úmidos com pecuária e avanço urbano na várzea do Arroio do Salso, bairro Vila Nova.

O desenvolvimento da produção rural e o crescimento de núcleos habitacionais co-habitam a área, gerando uma paisagem que mescla a ocupação de áreas irregulares e clandestinas ao longo das vias principais, além da ocorrência de vilas mais antigas.

## ⑨ Várzeas do Rio Gravataí



Campo úmido com carqueja e gravatás na várzea do Rio Gravataí às margens da BR 290. Ao fundo, o Morro Santana.

**Sarandi** – Localizada na zona norte de Porto Alegre, próximo ao Rio Gravataí, é caracterizada pelos ambientes de banhado, que atualmente ocupam 5,85% da superfície do município. Os solos são hidromórficos do tipo Planossolo, onde é possível encontrar espécies que toleram umidade, principalmente em época de pousio, quando a terra está sendo utilizada para criação de gado. São áreas intensamente convertidas à atividade agrícola, especialmente, à cultura orizícola.

Junto aos canais de irrigação predominam plantas aquáticas fixas ou flutuantes. A dinâmica sucessional conduz à vegetação arbórea do tipo floresta aluvial. As várzeas também sofrem com a ocupação desordenada, especialmente em torno de canais de irrigação e arroios que deságuam no Gravataí.

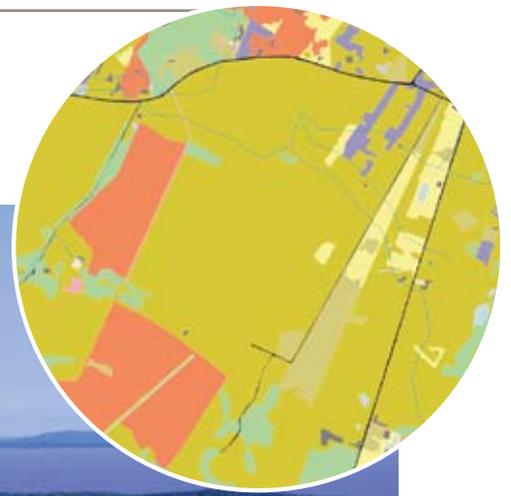


Lavouras de arroz são comuns na região.



Valo de drenagem na beira da BR 290.

## h) Campos de várzea do sul do município



Várzea do Arroio Belém Novo com arrozais e campos de pecuária. Ao fundo, a Ponta do Arado.



*Senecio selloi*  
Foto Ilsi Boldrini



Mata com maricás e coqueiro jervá junto a campo com pecuária em Belém Novo.



Bando de cegonhões sobrevoando vegetação de banhado na Reserva Biológica do Lami.

**Belém Novo, Lajeado e Lami** – Diferente do norte, altamente urbanizado, aqui ocorrem áreas rurais com campos de várzea. A paisagem característica é de banhados com maricazais e terras baixas com presença de muitas plantas aquáticas, como aguapés. Mais ao sul, há presença de matas de restinga, por onde emergem enormes figueiras, circundadas por uma vegetação baixa, de campos manejados para a pecuária, em que é comum a presença de butiás e cactáceas.

Essas áreas permanecem com baixo grau de ocupação urbana, o que favorece a manutenção das suas características naturais. Abriga uma fauna rica, com muitas aves aquáticas e bandos de aves migratórias, indicando a qualidade do ambiente natural.

Campos úmidos e matas com maricazal na várzea do Arroio do Salso no bairro Serraria.



## ① Encosta norte do Morro Santana



Campos rupestres e mata subxerófila na encosta norte do Morro Santana.

**Morro Santana** – Campos refletem uma formação relictual com predominância de um clima mais seco e frio em período de até 400.000 anos atrás, que favorecia o estabelecimento de uma vegetação herbácea do tipo estépica. Os campos ocupam atualmente aquelas encostas com exposição solar, predominantemente, voltadas para o norte, onde os teores de umidade e de matéria orgânica no solo são menores.

Este tipo de formação vegetal já ocupou uma área bem maior no município e é representada basicamente por gramíneas cespitosas, compostas e leguminosas. Têm tendência a serem invadidos por uma vegetação arbustiva, com vassouras, butiás e cactus.



*Eryngium pristis*  
Foto Rafael Trevisan



*Glechon ciliata*  
Foto Rafael Trevisan

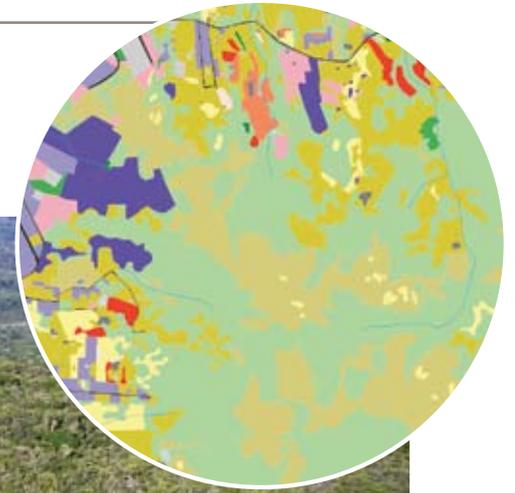


*Butia capitata*

Campo rupestre no topo do Morro Santana.



## j Campos rupestres



Campos rupestres e mata subxerófila na encosta norte do Morro da Extrema.



*Eupatorium tanacetifolium*  
Foto Rafael Trevisan



*Parodia sellowii*  
Foto Rafael Trevisan

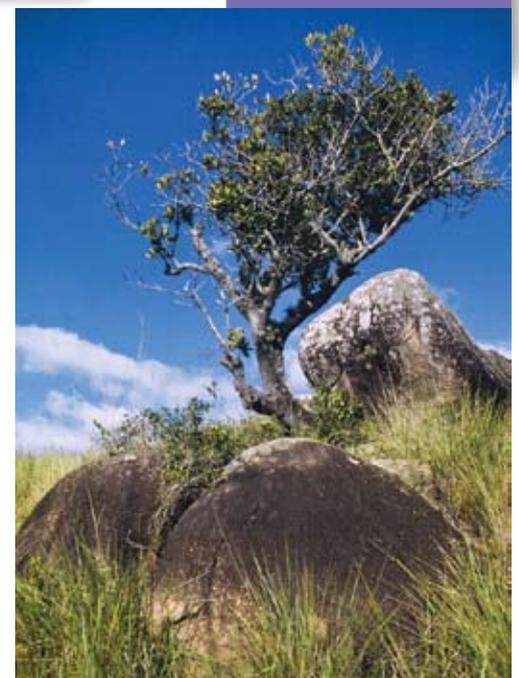


*Aechmea recurvata*

Campo rupestre com matacões de granito e capororoca no Morro da Extrema.

**Restinga e Lomba do Pinheiro** – Campos característicos de áreas com afloramentos rochosos (matacões de granito), solos rasos, com baixo potencial produtivo, normalmente localizados nos topos de morros. A vegetação é composta predominantemente por gramíneas, caraguatás, cactáceas e leguminosas.

Seus solos rasos com baixa infiltração de água favorecem o escoamento superficial. Nesses locais ocorre a maior parte das espécies endêmicas e/ou raras dos morros, como *Moritzia ciliata*, *Schlechtendalia luzulaefolia* e a cactácea *Parodia sellowii*. Essas áreas são alvo de incêndios criminosos, especialmente nos meses de verão. O fogo traz prejuízos para fauna e flora, atuando como um forte fator na seleção de espécies e interferindo diretamente na diversidade destas áreas.



## Ⓚ Encosta sul Morro da Extrema



Encosta sul do Morro da Extrema coberta por mata higrófila e ocupada por pequenos sítios.

**Morro da Extrema** – Área elevada do sul de Porto Alegre, próximo à Restinga e ao Lami. Nesta zona do sul de Porto Alegre, localizada, principalmente em fundos de vale e nas encostas com exposição solar predominantemente sul, em áreas com elevados teores de matéria orgânica e de umidade no solo, é onde a mata alta, ou higrófila, adquire sua maior expressão.

Ali ocorre um dos principais enclaves da Mata Atlântica que alcança o município pelo leste, apresentando espécies raras de árvores que provêm da Mata Atlântica (*stricto sensu*), como a canela-ferrugem (*Nectandra oppositifolia*), o sobraji (*Colubrina glandulosa*), o xaxim espinhento (*Alsophylla setosa*) e a palmeirinha guaricana (*Geonoma gamiova*). Cerca de 60% da sua paisagem é composta por florestas baixas e altas, constituídas por muitas espécies nativas, algumas classificadas como ameaçadas de extinção. Nesta região com baixa taxa de urbanização, a presença de ocupação humana é rarefeita.

Detalhe da mata higrófila no Morro da Extrema. As árvores de copas alaranjadas são exemplares de canela-ferrugem.



Vista do Morro da Extrema, tendo a Reserva Biológica do Lami no primeiro plano.



## Referências

Ab'Saber, A. N. 1966. O sítio urbano de Porto Alegre. In: Ab'Saber, A.N. 1966. **Três estudos rio-grandenses**. Porto Alegre. UFRGS, Faculdade de Filosofia. p.9-28.

Boldrini, I.I. 2002. Campos sulinos: caracterização e biodiversidade. In: Araújo, E.L.; Moura, A.N.; Sampaio, E.V.S.B.; Gestinari, L.M.S.; Carneiro, J.M. (ed.) 2002. **Biodiversidade, conservação e uso sustentável da flora do Brasil**. Recife, UFRPE/SBB. p.95-97.

Brack, P.; Rodrigues, R.S.; Sobral, M.E.G.; Leite, S.L.C. 1998. Árvores e arbustos na vegetação natural de Porto Alegre, RS, Brasil. **Iheringia Série Botânica** 51(11):139-166.

Forneck, E. D. 2001. **Biótopos naturais florestais nas nascentes do arroio Dilúvio (Porto Alegre, RS)**: caracterização por vegetação e avifauna. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 100p. (Inédito)

Franco, S. C. 1992. **Porto Alegre: Guia Histórico**. Porto Alegre. Editora da Universidade. p. 446.

Menegat, R.; Fernandes, L.A.D.; Koester, E.; Scherer, C.M.S. 1998. Porto Alegre antes do Homem: evolução geológica. In: Menegat, R. (org.) 1998. **Atlas ambiental de Porto Alegre**. Porto Alegre, Editora da Universidade. p.11-14.

Mirapalhete, S. R. (coord.) 2001. **Flora e fauna do Parque Natural Morro do Osso, Porto Alegre RS**. Porto Alegre, SMAM. 110p.

WMO. 1986. **Urban Climatology and Applications with Special Regard to Tropical Areas**. Proceedings, World Meteorological Organization, Geneva.



Maricazal florido  
e campo de várzea  
na Serraria.