

# IMPLEMENTAÇÃO DE TÉCNICAS DE SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS - PIS ASSOCIADOS (II)

## 12.1 – INTRODUÇÃO

O presente capítulo tem por finalidade a geração dos mapas de aptidão do solo, previstos também para a Etapa 8 da metodologia e representados por planos de informações associados, obtidos a partir da estimativa das unidades geotécnicas (PI-UNGEOS). Ainda nesse capítulo, são integradas as informações sobre a aptidão do solo ao uso urbano com a mancha urbana existente em diferentes datas.

Os mapas de aptidões indicam os locais próprios para um determinado uso do solo (Eastman, 1995) e integram as chamadas cartas interpretativas (Zuquette, 1987). As unidades mapeadas nesses documentos cartográficos são normalmente definidas por meio da escolha e da análise de atributos relevantes para um determinado uso do solo. Assim, pela integração dos atributos são identificadas na área de estudo novas unidades territoriais com um comportamento geotécnico o mais homogêneo possível frente às diferentes formas de uso ou ocupação do solo. O problema crucial nessa tarefa, segundo Zuquette (1987), é a definição, o isolamento e a identificação dos atributos necessários para a definir corretamente as unidades.

Para o município de Porto Alegre (RS), considerando a inexistência de uma quantidade mais representativa de perfis investigados e visando demonstrar o potencial da metodologia para a geração, no computador, de mapas de aptidões do solo para fins geotécnicos, foram utilizados atributos que representam as características principais das unidades geotécnicas estimadas de acordo com Davison Dias (1995). Esses atributos basearam-se em informações qualitativas a respeito das principais características dos solos, como por exemplo, localização do lençol freático, capacidade de drenagem, capacidade de suporte do substrato e do horizonte subsuperficial B. Tratou-se, portanto, de uma análise qualitativa para a aptidão de uso do solo, de caráter genérico e que visou tão somente o

traçado de diretrizes para investigações geotécnicas complementares para fins de projetos de engenharia, estudos ambientais e planejamento do uso e ocupação do solo. No entanto, os mesmos procedimentos aqui descritos poderão ser utilizados para estudos de regiões onde estejam disponíveis informações quantitativas a respeito das propriedades dos solos.

A análise da aptidão do solo para o município de Porto Alegre (RS), procedida para as trinta e sete unidades geotécnicas estimadas no item 11.2 (Capítulo 11), foi realizada para as seguintes aplicações:

- a) aptidão 1: fundações
- b) aptidão 2: disposição de resíduos
- c) aptidão 3: ocupação urbana
- d) aptidão 4: material para aterro e pavimentação

## 12.2 – DEFINIÇÃO DAS CLASSES DE APTIDÕES DO SOLO E SEUS ATRIBUTOS

O procedimento inicial para a definição e o mapeamento das classes de aptidões do solo é o estabelecimento de **classes gerais de desempenho** que serão consideradas para cada uma das aplicações mencionadas acima. Em seguida, com base nas classes gerais de desempenho, devem ser estabelecidas as **classes de aptidão do solo** para cada uma das aplicações. As operações seguintes são a escolha e a atribuição a cada unidade geotécnica estimada dos **atributos** que caracterizarão cada classe de aptidão do solo. Por último são estabelecidas as **regras de decisão** (Eastman, 1995), que estabelecem quais os atributos e as classes de atributos que devem ser combinadas para a caracterização das inúmeras classes de aptidão do solo para as diferentes aplicações.

Para o município de Porto Alegre (RS) as classes gerais de desempenho escolhidas foram:

- a) **Boa**: o solo é apto para determinado uso sob o ponto de vista de suas propriedades geotécnicas;
- b) **Razoável**: o solo é apto, entretanto, requer precauções frente a alguns aspectos geotécnicos;
- c) **Restrita**: o solo requer mais criteriosa avaliação geotécnica para determinado uso, pois apresenta um ou mais aspectos que restringem o desempenho e podem vir a dificultar a aplicação;

d) **Inapta**: o solo apresenta fortes restrições que comprometem determinado uso.

Já as classes de aptidão do solo receberam na sua denominação além do nome da classe geral de desempenho correspondente, um caractere específico A, B, C, D ou E (p. ex.: restrita A, restrita B). Esse caractere, denominado **categoria**, foi o recurso utilizado para indicar a mudança de classe devido a diferenciação de alguns dos atributos analisados, mas que não implicava, necessariamente, na mudança do nome da classe geral de desempenho. O uso de categorias teve por finalidade também facilitar a implementação, no banco de dados geotécnicos, das informações referentes às classes de aptidão do solo determinadas nessa etapa da metodologia.

Por outro lado, durante a escolha dos atributos para a definição de cada classe de aptidão na área teste, cada um deles recebeu uma sigla (AT1, AT2, etc...) para a sua fácil identificação (ID\_ATRIB). Foi estabelecido ainda para cada atributo uma classificação representativa das prováveis situações de ocorrência no meio físico, aqui denominada **classes do atributo**, identificada por um valor numérico inteiro (valor da classe de atributo). As classes de atributo utilizaram a mesma classificação (boa, razoável, restrita, inapta) empregada para as classes gerais de desempenho de solo, ou foram definidas em função de características específicas do atributo considerado (p. ex: localização do lençol freático). A tabela 12.1 apresenta a relação de atributos e respectivas classes de atributos utilizadas para o município de Porto Alegre (RS).

Escolhidos os atributos e estabelecidas as classes de atributos e seus respectivos valores, os mesmos foram atribuídos a todas as unidades geotécnicas estimadas no município de Porto Alegre (RS) em função das propriedades gerais dos solos existentes em cada uma das unidades mapeadas (Tabela 12.2). Como pode ser visto na referida tabela, alguns dos atributos foram diferenciados em função do tipo de aplicação do solo (p.ex: F, fundações; AP, aterro e pavimentação; UR, ocupação urbana).

Finalmente, foram definidas as regras de decisão, por meio da seleção dos atributos e das classes de atributos para cada uma das classes de aptidão do solo correspondentes a cada aplicação estudada na área teste (Tabela 12.3).

Tabela 12.1 - Atributos e classes de atributos para a análise qualitativa das aptidões de uso dos solos das unidades geotécnicas - POA(RS)

ID_ATRIB	ATRIBUTO	CLASSES DO ATRIBUTO	VALOR	OBSERVAÇÕES
AT1	Tipo de material do horizonte subsuperficial *	boa	1	O material do solo é apto para a aplicação analisada sob o ponto de vista de suas propriedades geotécnicas.
		Razoável	2	O material do solo é apto para a aplicação analisada, entretanto, requer precauções frente a alguns aspectos geotécnicos.
		restrita	3	O material do solo requer uma avaliação geotécnica mais criteriosa para a aplicação analisada, pois apresenta um ou mais aspectos que restringem o seu desempenho e podem vir a dificultar a aplicação.
		Inapta	4	O material do solo apresenta fortes restrições que comprometem a aplicação analisada.
		não classificado	5	Área não classificada.
AT2	Espessura do horizonte subsuperficial	rasa	1	<50 cm
		pouco profunda	2	50 - 200 cm
		profunda	3	200 - 400 cm
		muito profunda	4	> 400 cm
		rasa a pouco profunda **	5	50 - 200 cm
		variável	6	
		não classificada	7	
AT3	Localização do lençol freático	próximo à superfície	1	
		maior profundidade/ inexistente	2	
		profundidade variável na área**	3	
		elevação sazonal	4	
		não classificado	5	
AT4	Tipo de material do substrato ***	boa	1	O material do substrato é apto para a aplicação considerada sob o ponto de vista de suas propriedades geotécnicas.
		razoável	2	O material do substrato é apto para a aplicação considerada, entretanto, requer precauções frente a alguns aspectos geotécnicos.
		restrita	3	O material do substrato requer mais criteriosa avaliação geotécnica para a aplicação considerada, pois apresenta um ou mais aspectos que restringem o desempenho e podem vir a dificultar a aplicação.
		inapta	4	O material do substrato apresenta fortes restrições que comprometem a aplicação considerada
		não classificada	5	Área não classificada
AT5	Capacidade de suporte do horizonte subsuperficial *	boa	1	Material com boa capacidade de carga. O horizonte subsuperficial permite o suporte de pequenas cargas.
		média	2	Material com mediana capacidade de carga. O horizonte subsuperficial pode permitir o suporte de pequenas cargas.
		fraca	3	Material onde predomina fraca capacidade de carga. Possível presença de solos moles.
		Variável **	4	Material com média a boa capacidade.
		não classificada	5	



Tabela 12.1 - (continuação)

ID_ATRIB	ATRIBUTO	CLASSES DO ATRIBUTO	VALOR	OBSERVAÇÕES
AT6	Capacidade de suporte do substrato	boa	1	Material do substrato com boa capacidade de carga.
		média	2	Material do substrato exige investigação mais criteriosa na busca da camada adequada à capacidade de carga.
		fraca	3	Material do substrato com baixa capacidade de carga.
		não classificada	4	
AT7	Alagamentos	áreas sujeitas a alagamentos	1	
		áreas não sujeitas normalmente a alagamentos	2	
		não classificada	3	
AT8	Drenagem	bem drenados	1	
		mal/imperfeitamente drenados	2	
		muito mal drenados	3	
		variável **	4	
		não classificados	5	
AT9	Ocorrência de matações	possível ocorrência	1	
		não ocorrência	2	
		não classificado	3	
AT10	Localização do substrato rochoso	próximo à superfície	1	
		a maior profundidade	2	
		profundidade variável **	3	
		não classificado	4	

\* Horizonte subsuperficial pedogenético B (Oliveira *et al.*, 1992) ou sedimentar.

\*\* Associações de solos (o atributo varia na unidade, assumindo valores relativos as classes de atributo 1 e 2).

\*\*\* Horizontes C, RA e R.

Tabela 12.2 - Atributos e classes de atributos consideradas para para a análise das aptidões solo no município de Porto Alegre (RS)

UNIDADES GEOTÉCNICAS		ATRIBUTOS E CLASSES DE ATRIBUTOS													
ID_ UNGEO	SIGLA	AT1F	AT1AP	AT1UR	AT2	AT3	AT4F	AT4AP	AT4UR	AT5	AT6	AT7	AT8	AT9	AT10
1	PVmgd	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	2	1	2	2
2	PVgd1	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	2	1	2	2
3	PVgd2	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	2	1	2	2
4	PVg1	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	2	1	2	2
5	PVg3	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	1	2	2
6	PVg4	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	1	2	2
7	PVg5	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	1	2	2
8	PVsq1	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	2	1	2	2
9	Rmgd	1	1	2	1	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1
10	Rgd1	1	1	2	1	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1
11	Rgd2	1	1	2	1	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1
12	Rg1	1	1	2	1	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1
13	Rg3	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1
14	Rg4	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1
15	Rg5	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1
16	R/PVmgd	1	1	2	5	2	1	2	1	1	1	2	1	1	3
17	R/PVgd1	1	1	2	5	2	1	2	1	1	1	2	1	1	3
18	R/PVgd2	1	1	2	5	2	1	2	1	1	1	2	1	1	3
19	R/PVg1	1	1	2	5	2	1	2	1	1	1	2	1	1	3

Tabela 12.2 - ( continuação)

UNIDADES GEOTÉCNICAS		ATRIBUTOS E CLASSES DE ATRIBUTOS													
ID_UNGEO	SIGLA	AT1F	AT1AP	AT1UR	AT2	AT3	AT4F	AT4AP	AT4UR	AT5	AT6	AT7	AT8	AT9	AT10
20	R/PVg2	1	1	2	5	2	1	2	1	1	1	2	1	1	3
21	R/PVg3	1	1	2	5	2	1	1	1	1	1	2	1	1	3
22	R/PVg4	1	1	2	5	2	1	1	1	1	1	2	1	1	3
23	R/PVg5	1	1	2	5	2	1	1	1	4	1	2	1	1	3
24	PL/PVgd1	2	3	2	2	3	1	2	1	4	1	1	4	2	2
25	PL/PVg1	2	3	2	2	3	1	2	1	4	1	1	4	2	2
26	PL/PVg3	2	3	2	2	3	1	1	1	4	1	1	4	2	2
27	PL/PVg4	2	3	2	2	3	1	1	1	4	1	1	4	2	2
28	PL/PVg5	2	3	2	2	3	1	1	1	4	1	1	4	2	2
29	PL/PVsq1	2	3	2	2	3	1	2	1	4	1	1	4	2	2
30	PL/PVsq2	2	3	2	2	3	2	3	3	4	2	1	4	2	2
31	PLsq2	2	3	2	2	4	2	3	3	2	2	1	2	2	2
32	Asq4	3	3	3	6	1	3	3	3	3	2	1	3	2	2
33	A/HGsq3	3	4	3	6	1	3	4	3	3	3	1	3	2	2
34	A/HGsq4	3	4	3	6	1	3	3	3	3	2	1	3	2	2
35	A/HGsq5	3	4	3	6	1	3	4	3	3	3	1	3	2	2
36	HOsq5	3	4	4	6	1	3	4	3	3	3	1	3	2	2
37	AT	5	5	5	7	5	5	5	5	5	4	3	5	3	3

F - fundações

AP - aterro e pavimentação

UR - ocupação urbana



Tabela 12.3 - Regras de decisão baseadas nos atributos e classes de atributos para as aptidões do solo no município de Porto Alegre (RS)

Aptidão do solo	Classes de Aptidão/Categoria		Regras de decisão - Atributos e Classes de Atributos									
	ID Classe	Classe	AT1F	AT2	AT3	AT4F	AT5	AT6	AT7	AT8	AT9	AT10
1. FUNDAÇÕES	1	boa A	1	2	2	1	1	1	2	1	2	2
	2	boa B	1	5	2	1	1	1	2	1	1	3
	3	boa C	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1
	4	razoável A	2	2	3+4	1	2+4	1	1	2+4	2	2
	5	razoável B	2	2	3+4	2	2+4	2	1	2+4	2	2
	6	restrita	3	6	1	3	3	2+3	1	3	2	2
	7	NC	5	7	5	5	5	4	3	5	3	4
2. DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS	ID Classe	Classe	AT1R	AT2	AT3	AT4R	AT5	AT6	AT7	AT8	AT9	AT10
	1	Boa			2					1		2
	2	Restrita A			2					1		1
	3	Restrita B			2					1		3
	4	Restrita C			4					2		2
	5	Restrita D			3					4		2
	6	Inapta			1					3		2
7	NC			5					5		4	
3. OCUPAÇÃO URBANA	ID Classe	Classe	AT1UR	AT2	AT3	AT4UR	AT5	AT6	AT7	AT8	AT9	AT10
	1	Boa	1	2	2	1	1	1	2	1	2	2
	2	Razoável A	2	5	2	1	1	1	2	1	1	3
	3	Razoável B	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1
	4	Restrita A	2	2	3	1	4	1	1	4	2	2
	5	Restrita B	2	2	3	3	4	2	1	4	2	2
	6	Restrita C	2	2	4	3	2	2	1	2	2	2
	7	Restrita D	3	6	1	3	3	2	1	3	2	2
	8	Restrita E	3	6	1	3	3	3	1	3	2	2
	9	Inapta	4	6	1	3	3	3	1	3	2	2
10	NC	5	7	5	5	5	4	3	5	3	4	
4. ATERRO E PAVIMENTAÇÃO	ID Classe	Classe	AT1AP	AT2	AT3	AT4AP	AT5	AT6	AT7	AT8	AT9	AT10
	1	Boa	1			1				1		
	2	Razoável	1			2				1		
	3	Restrita A	3			1				4		
	4	Restrita B	3			2				4		
	5	Restrita C	3			3				2+3+4		
	6	Inapta A	4			3				3		
	7	Inapta B	4			4				3		
8	NC	5			5				5			

### 12.3 – PROCEDIMENTOS PARA A GERAÇÃO NO SIG DOS PLANOS DE INFORMAÇÕES REPRESENTATIVOS DAS APTIDÕES DO SOLO

Para a obtenção dos mapas de aptidões do solo no SIG é utilizado o método de análise de aptidão por **avaliação de critérios múltiplos** (*Multi Criteria Evaluation, MCE*) denominado **mapeamento das limitações** (Eastman, 1997), pelo qual vários **critérios** são considerados “absolutamente próprios ou impróprios para a seleção”, estabelecendo limitações, que são representadas por meio de imagens booleanas. As imagens booleanas são depois combinadas por meio de um ou mais operadores lógicos como intersecção (*AND*) ou união (*OR*). A imagem final resultante identifica os locais que satisfazem todos os critérios selecionados.

Para o município de Porto Alegre (RS) os critérios utilizados foram os atributos e suas respectivas classes especificadas na tabela 12.1. Nesse caso, como podemos observar na referida tabela, os critérios não limitaram a análise a regiões geográficas específicas da área de estudo, estabelecendo limitações ou restrições absolutas, mas, ao contrário, definiram algum grau de ocorrência (classes de atributo/valor) para cada atributo e para todas as unidades geotécnicas estimadas (Tabelas 12.2). Portanto, esses critérios corresponderam aos **fatores** descritos por Eastman (1997), necessitando sofrer uma padronização posterior antes de serem combinados entre si.

A padronização implicou na transformação dos fatores em restrições por meio da geração de uma imagem booleana para cada uma das classes de cada atributo, resultando nas imagens representativas dos chamados **mapas de fatores booleanos**.

Nessas novas imagens booleanas, as regiões da área de estudo que atendiam as condições estabelecidas na classe considerada receberam o valor 1, enquanto as demais áreas receberam o valor zero. A figura 12.1 exemplifica esquematicamente as imagens booleanas representativas das classes de atributo.

A sequência de procedimentos realizados no IDRISI<sup>®</sup> para determinação dos planos de informações relativos às aptidões do solo foram:

a) edição de um arquivo de valores ( $at_1, at_2, \dots, at_n$ ) correspondentes a cada um dos  $n$  atributos considerados na análise. Nesses arquivos (Anexo A) foram atribuídos novos valores numéricos para cada uma das classes referentes às unidades geotécnicas do PI-UNGEOS. Os

novos valores foram definidos em função das características dos solos de cada unidade conforme a tabela 12.2;

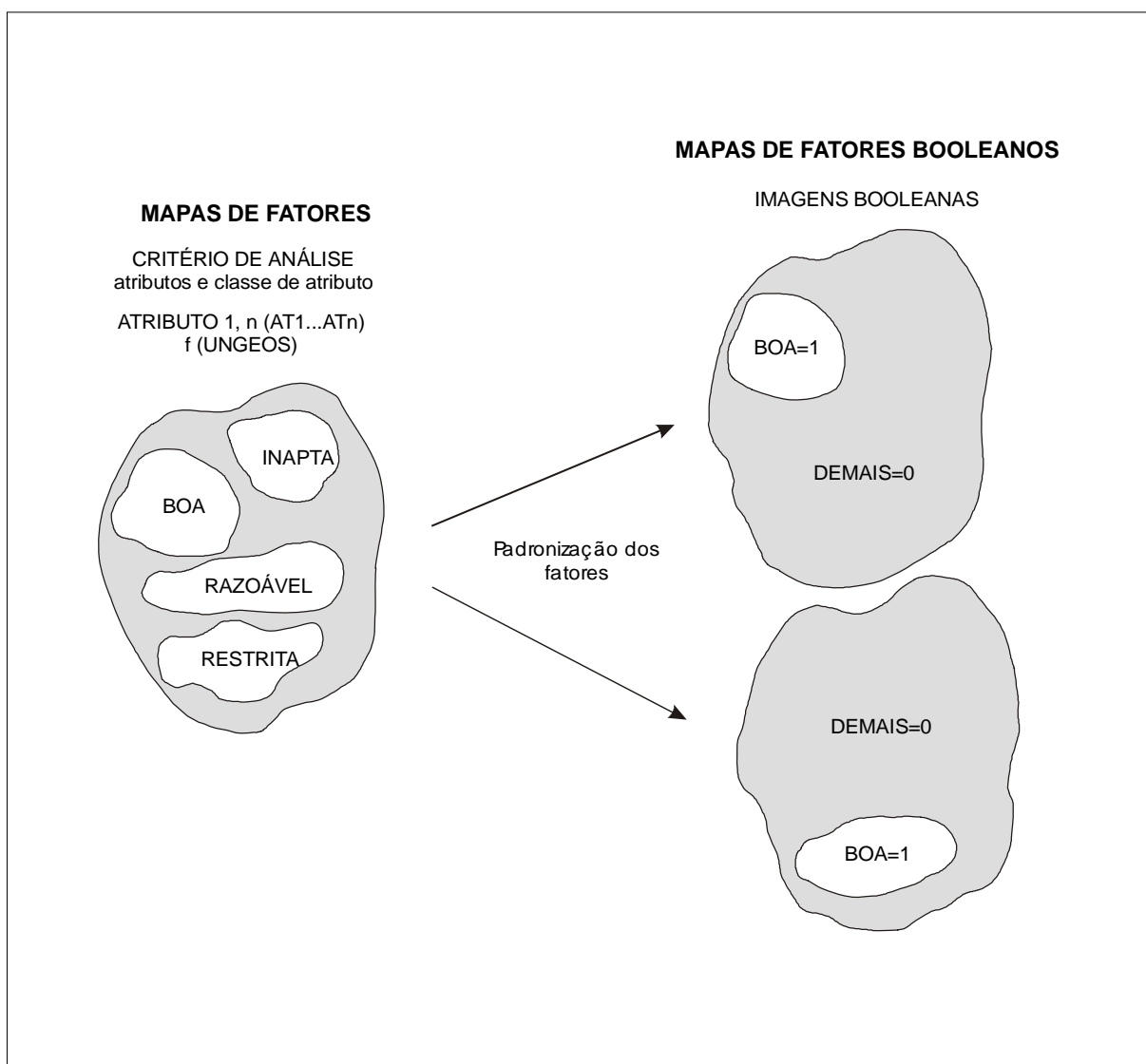


Figura 12.1 - Padronização dos fatores por meio de imagens booleanas representativas das classes de atributos.

b) reclassificação do PI-UNGEOS pela aplicação dos arquivos de valores gerados, originando os planos de informações dos atributos (critérios ou mapas de fatores para análise) denominados AT1, AT2, ...ATn (Figura 12.2);

c) padronização dos fatores por meio da geração de imagens binárias ou booleanas (mapas de fatores booleados) representativas das classes individualizadas de cada um dos PIs atributos. As imagens AT1\_c1, AT2\_c2, Atn\_cx resultaram da aplicação dos arquivos de valores at1\_c1, at2\_c2,... atn\_cx sobre os PIs atributos, sendo x o número de classes de cada atributo.



Os arquivos de valores forneceram o valor 1 para a classe de atributo desejada e valor 0 para as demais;

d) aplicação do modelo booleano, para a combinação lógica dos mapas binários das classes de atributos de acordo com as regras de decisão especificadas na tabela 12.3. A integração dos dados realizou-se por meio do módulo *MCE (Multi Criteria Evaluation)*, método booleano, disponível no IDRISI<sup>®</sup>. O resultado final foram imagens booleanas (valores 0 e 1), referentes a cada classe de aptidão do solo para cada uma das aplicações analisadas. Nessas imagens, os “*pixels*” assumiram valor igual a 1 somente nos locais que possuíam também o valor 1 em todas as imagens de atributo utilizadas no processo de integração;

e) reclassificação, por meio do módulo *RECLASS*, dos valores das imagens obtidas no item d, adequando-as aos valores de classes de aptidão especificados na tabela 12.3;

f) obtenção dos planos de informações representativos dos mapas finais das aptidões do solo pela soma de todas as imagens relativas às várias classes de aptidão envolvidas. Para isso foi empregada a operação adição disponível no módulo *OVERLAY*;

g) quantificação das áreas de cada classe mapeada por meio do módulo *AREA*.

A figura 12.2 mostra o modelo cartográfico geral com uma síntese dos procedimentos descritos anteriormente e que pode ser aplicado para um número qualquer  $n$  de aptidões.

Após a geração dos PIs relativos às aptidões do solo procedeu-se ainda a classificação cruzada dos mesmos com o PI-UNGEOS. Essa operação teve a finalidade de identificar, por meio da tabela de saída da classificação cruzada, as unidades geotécnicas correspondentes a cada uma das classes de aptidões mapeadas.

As figuras 12.3 ilustra, a título de exemplo, uma composição de mapas com um dos planos de informações atributos ou mapas de fatores gerados durante essa etapa da metodologia (PI-AT10 - localização do substrato rochoso). As imagens dos demais PIs atributos podem ser encontradas no Anexo A .

As figuras 12.4 a 12.7 apresentam os planos de informações com as imagens referentes às aptidões do solo analisadas para o município de Porto Alegre (RS), cujas classes temáticas estão descritas a seguir.

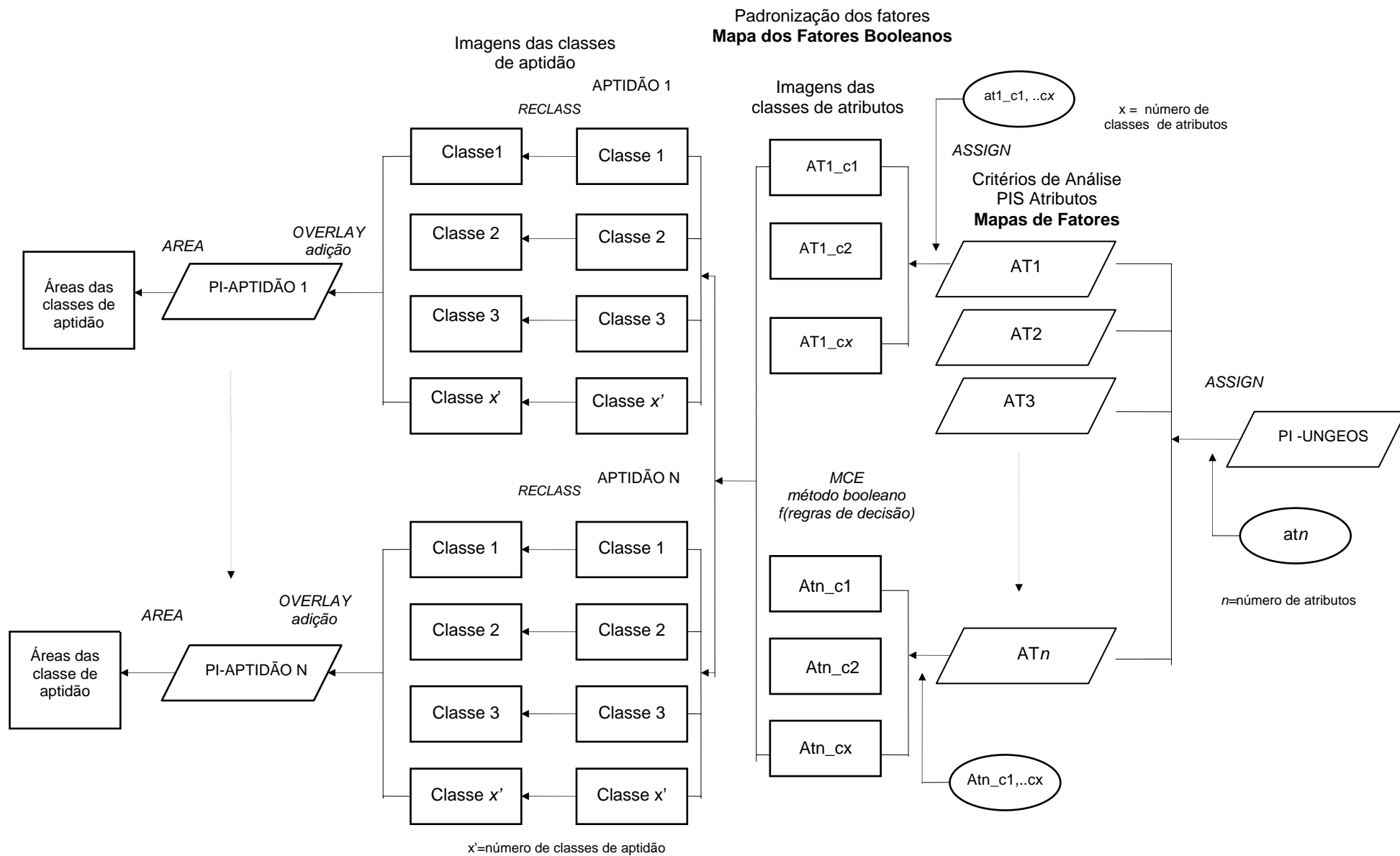


Figura 12.2 - Modelo cartográfico geral para obtenção dos PIs referentes a  $n$  aptidões do solo.

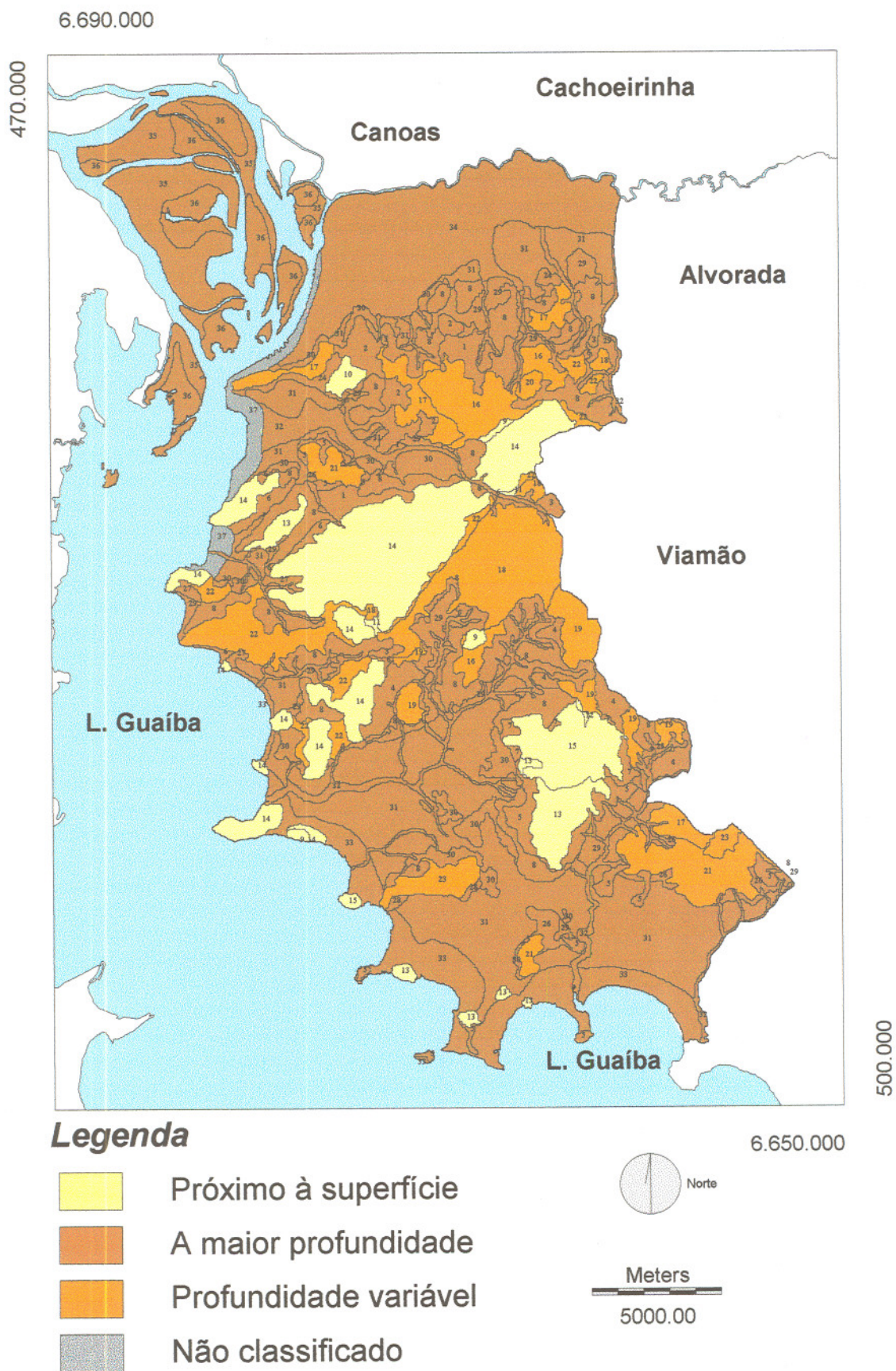


Figura 12.3 - Composição de mapas com o arquivo vetorial dos limites das unidades geotécnicas estimadas e o PI-AT10, referente ao atributo ou mapa de fator “localização do substrato rochoso”.

## 12.4 - DESCRIÇÃO DAS CLASSES DE APTIDÕES DO SOLO PARA O MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE (RS)

### 12.4.1 - Aptidão 1: Aptidão do Solo para Fundações — PI - A\_FUND

**Classe 1– Boa A.** O material do horizonte subsuperficial B é apto para fundações sob o ponto de vistas de suas propriedades geotécnicas. Esse horizonte possui pouca profundidade e boa capacidade de carga, podendo inclusive suportar pequenas cargas. O lençol freático encontra-se a maior profundidade ou é inexistente. O material do substrato também é apto para o uso de fundações tendo em vista suas propriedades geotécnicas e apresenta também boa capacidade de carga. São áreas normalmente não sujeitas à alagamentos e cujos solos apresentam boa drenagem. Em geral, o substrato rochoso está situado a maior profundidade, não sendo observada a ocorrência de matacões.

Essa classe corresponde às unidades geotécnicas com solos podzólicos vermelho-amarelos e agrupamentos geológico-geotécnicos constituídos por rochas graníticas, eluviões, colúvios e leques aluviais (PVmgd, PVgd1, PVgd2, PVg1, PVg3, PVg4, PVg5 e PVsq1).

**Classe 2 – Boa B.** O material do horizonte subsuperficial B, quando existente, apresenta espessura rasa a pouco profunda, permite o suporte de pequenas cargas e é apto para fundações sob o ponto de vistas de suas propriedades geotécnicas. O lençol freático é inexistente ou esta situado a maior profundidade. O material do substrato também é apto para o uso de fundações tendo em vista suas propriedades geotécnicas e apresenta boa capacidade de carga. São áreas normalmente não sujeitas a alagamentos e cujos solos apresentam boa drenagem. O substrato rochoso pode encontrar-se próximo à superfície ou a maior profundidade. É possível a ocorrência de matacões.

Essa classe refere-se às unidades geotécnicas com associação de solos litólicos e podzólicos vermelho-amarelos e agrupamentos geológico-geotécnicos constituídos por rochas graníticas (R/PVmgd, R/PVgd1, R/PVgd2, R/PVg1, R/PVg2, R/PVg3, R/PVg4 e R/PVg5).

**Classe 3 – Boa C.** O material do horizonte subsuperficial B, quando existente, é pouco espesso, apto para fundações sob o ponto de vistas de suas propriedades geotécnicas e permite o suporte de pequenas cargas. Geralmente, verifica-se a ocorrência do horizonte A assente diretamente sobre a rocha ou sobre o horizonte C. O lençol freático é praticamente inexistente. O material do substrato é apto para o uso de fundações tendo em vista suas propriedades geotécnicas e apresenta boa capacidade de carga. São áreas não sujeitas à

alagamentos, cujos solos apresentam boa drenagem. Em geral, o substrato rochoso encontra-se próximo à superfície, sendo provável a ocorrência de matacões.

Essa classe refere-se às unidades geotécnicas com solos litólicos e agrupamentos geológico-geotécnicos constituídos por rochas graníticas (Rmgd, Rgd1, Rgd2, Rg1, Rg3, Rg4 e Rg5).

**Classe 4 – Razoável A.** O material do horizonte pedogenético B, pouco profundo, é apto para fundações sob o ponto de vistas de suas propriedades geotécnicas, entretanto, requer precauções frente a alguns aspectos geotécnicos, como por exemplo, a variabilidade do nível do lençol freático. O lençol freático, neste caso, pode encontrar-se a profundidades diversas ou ainda apresentar elevação sazonal. A capacidade de carga desse horizonte é geralmente mediana, mas em algumas áreas pode variar, alcançando uma boa capacidade de suporte. O material do substrato é indicado para o uso de fundações tendo em vista suas propriedades geotécnicas e apresenta boa capacidade de carga. São áreas com possibilidade de alagamentos e cujos solos apresentam drenagem imperfeita ou variável. Em geral, o substrato rochoso encontra-se a maior profundidade, não sendo verificada a ocorrência de matacões.

Essa classe refere-se às unidades geotécnicas com planossolos e associação de solos do tipo planossolos/podzólicos vermelho-amarelos e agrupamentos geológico-geotécnicos constituídos por rochas graníticas, eluviões, colúvios e leques aluviais (PL/PVgd1, PL/PVg1, PL/PVg3, PL/PVg4, PL/PVg5 e PL/PVsq1).

**Classe 5 – Razoável B.** O material do horizonte pedogenético B, pouco profundo, é apto para fundações sob o ponto de vistas de suas propriedades geotécnicas, entretanto, requer precauções frente a alguns aspectos geotécnicos, como por exemplo, o nível do lençol freático que pode estar a profundidades diversas ou apresentar elevação sazonal. A capacidade de carga desse horizonte é geralmente mediana, mas em algumas áreas pode variar, alcançando boa capacidade de suporte. O material do substrato é indicado para o uso de fundações tendo em vista suas propriedades geotécnicas. Entretanto, requer precauções frente a alguns aspectos geotécnicos, como a existência alternada de camadas arenosas e argilosas com vestígio de material orgânico, exigindo uma investigação mais criteriosa na busca da camada adequada à capacidade de carga necessária. São áreas sujeitas à alagamentos. A capacidade de drenagem dos solos embora normalmente imperfeita, pode ser considerada boa em algumas áreas. Em geral, o substrato sedimentar encontra-se a maior profundidade. Não são verificados matacões.

Essa classe diz respeito às unidades geotécnicas com planossolos e associação de solos do tipo planossolos/podzólicos vermelho-amarelos e agrupamentos geológico-geotécnicos constituídos depósitos de terraços lagunares antigos (PL/PVsq2 e PLsq2).

**Classe 6 – Restrita.** O material do horizonte pedogenético B, que possui espessura variável, e o material do substrato requerem uma avaliação geotécnica mais criteriosa, pois apresentam um ou mais aspectos que restringem o seu desempenho e podem vir a dificultar o uso do solo para fundações, como por exemplo, presença de camadas argilosas com teores variáveis de areia e presença de solos moles. Ambos apresentam baixa capacidade de carga. O lençol freático encontra-se próximo à superfície. São áreas sujeitas a alagamentos frequentes, com solos em geral muito mal drenados. O substrato sedimentar encontra-se a maior profundidade. Nestas áreas, obviamente, não ocorrem movimento de massa. São regiões caracterizadas também pela fragilidade do ecossistema.

Essa classe corresponde às unidades geotécnicas com solos orgânicos, aluviais e associação de solos aluviais e gleis húmicos e agrupamentos geológico-geotécnicos constituídos por depósitos lagunares recentes, depósitos fluviais e depósitos deltáicos, onde é indicado o uso de fundações profundas (Asq4, A/HGsq3, A/Hgsq4, A/HGsq5 e HOsq5).

**Classe 7 – Área não classificada.** Aterros

O plano de informação referente à aptidão dos solos para fundações no município de Porto Alegre, PI-A\_FUND, está representado na figura 12.4 e a quantificação das suas classes temáticas na tabela 12.4.

Tabela 12.4 - Quantificação das áreas referentes à aptidão do solo para fundações no município de Porto Alegre (RS)

ID_CLASSE	CLASSE DE APTIDÃO	ÁREA (ha)	%
1	Boa A	7.655,49	16,03
2	Boa B	7.560,72	15,83
3	Boa C	6.571,53	13,76
4	Razoável A	2.767,95	5,80
5	Razoável B	9.613,89	20,13
6	Restrita	12.985,92	27,19
7	Não classificada	607,86	1,27
TOTAL		47.763,36	100,00



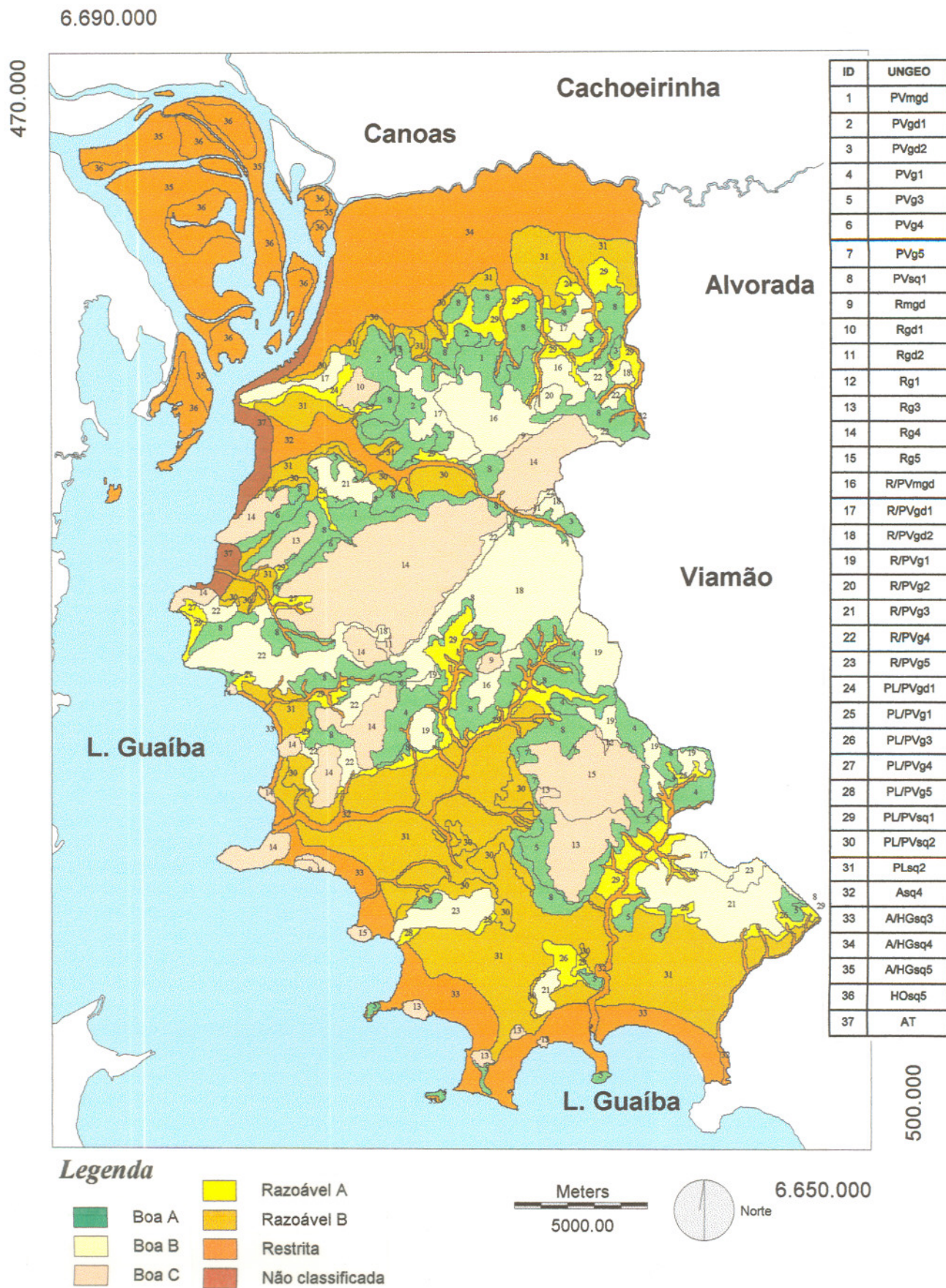


Figura 12. 4 - Plano de informação referente à aptidão do solo a fundações nas unidades geotécnicas estimadas para o município de Porto Alegre (RS).

## 12.4.2 - Aptidão 2: Aptidão do Solo à Disposição de Resíduos — PI - A\_DISPR

Para a disposição de resíduos foram considerados os fatores profundidade do lençol freático, capacidade de drenagem e localização do substrato rochoso.

**Classe 1 – Boa.** Solos bem drenados, com lençol freático situado a maior profundidade ou inexistente e substrato rochoso a maior profundidade.

Essa classe refere-se às unidades geotécnicas com solos podzólicos vermelho-amarelos e agrupamentos geológico-geotécnicos constituídos por rochas graníticas, eluviões, colúvios e leques aluviais (Pvmgd, PVgd1, PVgd2, PVg1, PVg3, PVg4, PVg5 e PVsq1).

**Classe 2 – Restrita A.** Solos bem drenados, com lençol freático inexistente ou situado a maior profundidade e substrato rochoso próximo à superfície, oferecendo maior risco de contaminação.

Essa classe engloba as unidades geotécnicas com solos litólicos e agrupamentos geológico-geotécnicos constituídos por rochas graníticas (Rmgd, Rgd1, Rgd2, Rg1, Rg3, Rg4 e Rg5).

**Classe 3 – Restrita B.** Solos bem drenados, com lençol freático inexistente ou situado a maior profundidade. O substrato rochoso pode situar-se a maior profundidade ou próximo à superfície devido a associação de classes taxonômicas de solos.

Essa classe refere-se às unidades geotécnicas com associação de solos litólicos e podzólicos vermelho-amarelo e agrupamentos geológico-geotécnicos constituídos por rochas graníticas (R/Pvmgd, R/PVgd1, R/PVgd2, R/PVg1, R/PVg2, R/PVg3, R/PVg4 e R/PVg5).

**Classe 4 – Restrita C.** Solos mal ou imperfeitamente drenados, com sazonal elevação do lençol freático. Substrato rochoso a maior profundidade.

Essa classe engloba as unidades geotécnicas com planossolos e agrupamento geológico-geotécnico constituídos depósitos de terraços lagunares antigos (PLsq2).

**Classe 5 – Restrita D.** Solos bem drenados associados a solos mal ou imperfeitamente drenados e lençol freático variando de profundidade na área. Substrato rochoso a maior profundidade.

Essa classe refere-se às unidades geotécnicas com associação de solos do tipo planossolos/podzólicos vermelho-amarelos e agrupamentos geológico-geotécnicos constituídos por rochas graníticas, eluviões, colúvios e leques aluviais e depósitos de terraços lagunares antigos (PL/PVgd1, PL/PVg1, PL/PVg3, PL/PVg4, PL/PVg5, PL/PVsq1, PL/PVsq2).

**Classe 6 – Inapta.** Solos muito mal drenados com nível do lençol freático próximo a superfície na maior parte do ano, oferecendo maior risco de contaminação do ecossistema. Substrato rochoso a maior profundidade.

Essa classe diz respeito às unidades geotécnicas com solos orgânicos, aluviais e associação de solos aluviais e gleis húmicos e agrupamentos geológico-geotécnicos constituídos por depósitos lagunares recentes, depósitos fluviais e depósitos deltáicos (Asq4, A/HGsq3, A/Hgsq4, A/Hgsq5 e HOsq5).

**Classe 7 – Área não classificada.** Aterros.

O plano de informação referente à aptidão dos solos à disposição de resíduos no município de Porto Alegre, PI-A\_DISPR, está representado na figura 12.5 e a quantificação das suas classes temáticas na tabela 12.5.

Tabela 12.5 - Quantificação das áreas referentes à aptidão do solo à disposição de resíduos no município de Porto Alegre (RS)

ID_CLASSE	CLASSE DE APTIDÃO	ÁREA (ha)	%
1	Boa	7.655,49	16,03
2	Restrita A	6.571,53	13,76
3	Restrita B	7.560,72	15,83
4	Restrita C	8.290,71	17,36
5	Restrita D	4.091,13	8,57
6	Inapta	12.985,92	21,19
7	Não classificada	607,86	1,27
TOTAL		47.763,36	100,00

### 12.4.3 - Aptidão 3: Aptidão do Solo à Ocupação Urbana — PI - A\_OURB

**Classe 1 – Boa.** Solos estáveis, bem drenados, com horizonte subsuperficial B com pouca profundidade e capacidade de suporte de pequenas cargas. O lençol freático é inexistente ou está localizado a maior profundidade. O material do substrato, situado a maior distância da superfície do terreno, não apresenta restrições para o uso urbano sob o ponto de vista de suas propriedades geotécnicas e possui também boa capacidade de carga. São solos onde normalmente não ocorrem alagamentos e não verifica-se a presença de matacões.



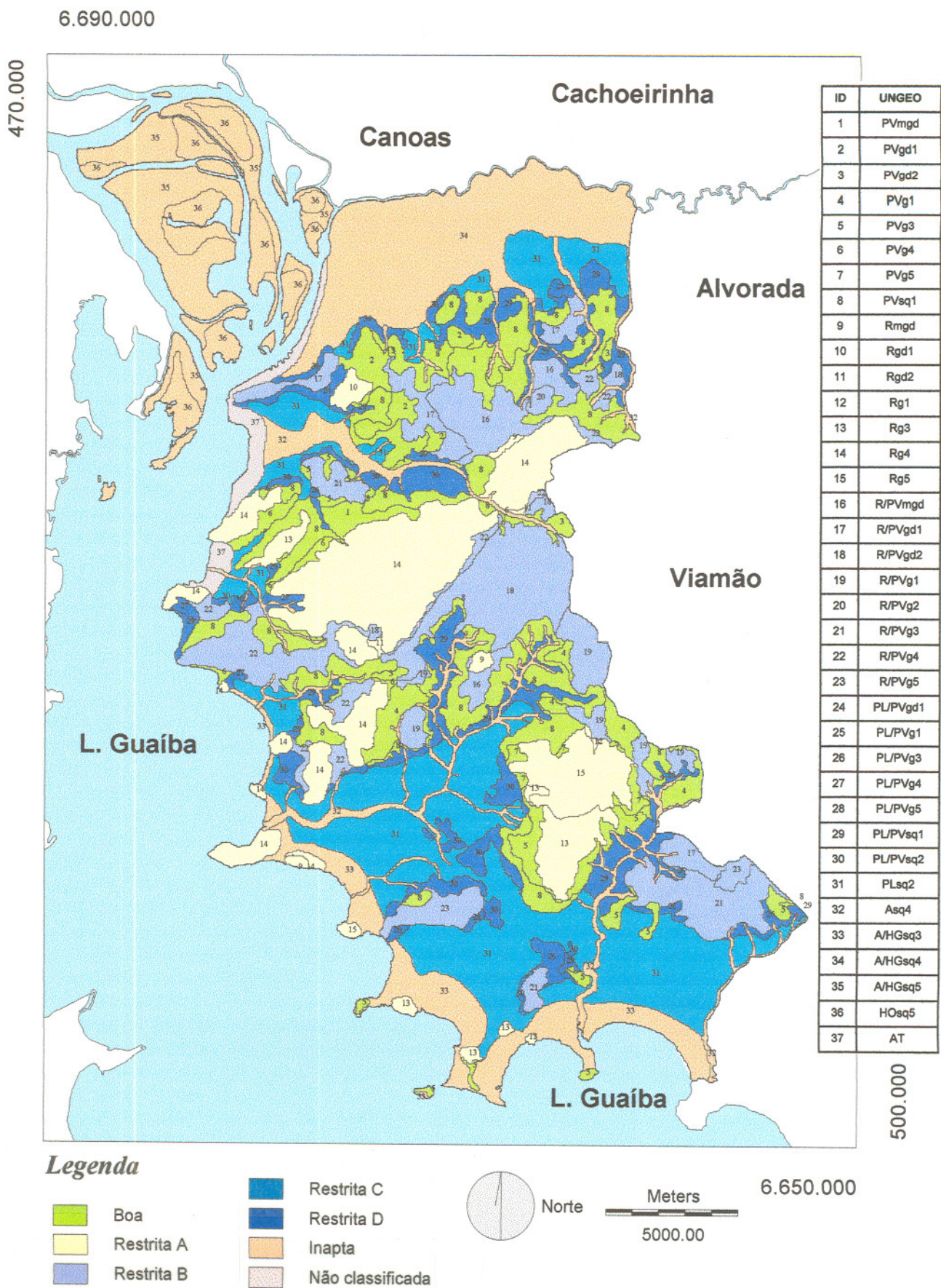


Figura 12. 5 - Plano de informação referente à aptidão do solo à disposição de resíduos nas unidades geotécnicas estimadas para o município de Porto Alegre (RS).

Essa classe refere-se às unidades geotécnicas com solos podzólicos vermelho-amarelos e agrupamentos geológico-geotécnicos constituídos por rochas graníticas, eluviões, colúvios e leques aluviais (Pvmgd, PVgd1, PVgd2, PVg1, PVg3, PVg4, PVg5 e PVsq1).

**Classe 2 –Razoável A.** São solos rasos a pouco profundos, bem drenados, cujo material do horizonte subsuperficial B, quando existir, é apto para o uso urbano, embora sejam necessárias precauções frente a alguns aspectos geotécnicos (p.e. dificuldade na escavação). O horizonte subsuperficial, nesse caso, apresenta boa capacidade de carga. O material do substrato pode ocorrer próximo à superfície ou a maior profundidade e é indicado ao uso urbano sob o ponto de vista de suas propriedades geotécnicas, apresentando também uma boa capacidade de suporte. O lençol freático é inexistente ou encontra-se a maior profundidade. Verifica-se a inexistência de alagamentos e a possibilidade de ocorrência de matacões em zonas de maior declividade.

Essa classe refere-se às unidades geotécnicas com associação de solos litólicos e podzólicos vermelho-amarelos e agrupamentos geológico-geotécnicos constituídos por rochas graníticas, eluviões, colúvios e leques aluviais (R/Pvmgd, R/PVgd1, R/PVgd2, R/PVg1, R/PVg2, R/PVg3, R/PVg4 e R/PVg5).

**Classe 3 – Razoável B.** Solos rasos, bem drenados, cujo material do horizonte B, quando existir, é apto para o uso urbano e apresenta boa capacidade de carga, mas exige precauções frente a alguns aspectos geotécnicos, como por exemplo, a instabilidade dos maciços (quedas de blocos) e a dificuldade de implantação de obras de infra-estrutura urbana. O material do substrato geológico, que ocorre normalmente próximo à superfície, é indicado ao uso urbano sob o ponto de vista de suas propriedades geotécnicas e apresenta boa capacidade de carga. O lençol freático é inexistente ou encontra-se a maior profundidade. Verifica-se, em geral, a inexistência de alagamentos e a ocorrência de matacões.

Essa classe refere-se às unidades geotécnicas com solos litólicos e agrupamentos geológico-geotécnicos constituídos por rochas graníticas (Rmgd, Rgd1, Rgd2, Rg1, Rg3, Rg4 e Rg5).

**Classe 4 – Restrita A.** Solos, pouco profundos, cujo material do horizonte subsuperficial é apto para o uso urbano, mas que pode necessitar precauções frente a alguns aspectos geotécnicos, como o acúmulo de água em determinadas épocas do ano. A capacidade de carga do horizonte B é variável na área, assim como a profundidade do lençol freático. O material do substrato, encontrado a maior profundidade é apto ao uso analisado sob o ponto de vista de suas propriedades geotécnicas e apresenta boa capacidade de suporte.

A capacidade de drenagem é também variável na área, ocorrendo solos bem drenados a mal drenados. Verifica-se a inexistência de matacões e possibilidade de alagamentos.

Essa classe refere-se às unidades geotécnicas com associação de solos do tipo planossolos/podzólicos vermelho-amarelos e agrupamentos geológico-geotécnicos constituídos por rochas graníticas, eluviões, colúvios e leques aluviais (PL/PVgd1, PL/PVg1, PL/PVg3, PL/PVg4, PL/PVg5, PL/PVsq1 ).

**Classe 5 – Restrita B.** Solos pouco profundos, cujo material do horizonte subsuperficial, embora apto para o uso urbano, pode necessitar precauções frente a alguns aspectos geotécnicos. A capacidade de carga do horizonte B é variável na área, assim como a profundidade do lençol freático. O material do substrato, encontrado a maior profundidade, requer mais criteriosa avaliação geotécnica para o uso urbano e para a busca de uma camada adequada à capacidade de carga. Verifica-se a inexistência de matacões e a possibilidade de ocorrer acúmulo de água durante certas épocas do ano.

Essa classe refere-se às unidades geotécnicas com associação de solos do tipo planossolos/podzólicos vermelho-amarelos e agrupamentos geológico-geotécnicos constituídos depósitos de terraços lagunares antigos (PL/PVsq2).

**Classe 6 – Restrita C.** Solos pouco profundos, imperfeitamente drenados, cujo material do horizonte subsuperficial embora apto para o uso urbano, necessita precauções frente a alguns aspectos geotécnicos como, por exemplo, a ocorrência de alagamentos. O horizonte B apresenta mediana capacidade de carga. O lençol freático apresenta elevação sazonal. O material do substrato, encontrado a maior profundidade, requer mais criteriosa avaliação geotécnica para o uso urbano e para a busca de uma camada adequada à capacidade de carga. Verifica-se a inexistência de matacões e a possibilidade de ocorrer acúmulo de água durante certas épocas do ano.

Essa classe refere-se às unidades geotécnicas com planossolos e agrupamento geológico-geotécnico constituídos depósitos de terraços lagunares antigos (PLsq2).

**Classe 7 – Restrita D.** Solos, muito mal drenados, com horizonte B apresentando profundidade variável e requerendo uma mais criteriosa avaliação geotécnica para o uso urbano, pois apresenta aspectos que restringem o seu desempenho e podem vir a dificultar a aplicação, como por exemplo, maiores investimentos em aterros, drenagens e fundações. O horizonte B apresenta fraca capacidade de carga. O lençol freático encontra-se próximo à superfície. O material do substrato, encontrado a maior profundidade, requer também uma mais criteriosa avaliação geotécnica para o uso urbano e apresenta média capacidade de



carga. Verifica-se a inexistência de matacões e a possibilidade de ocorrer alagamentos durante certas épocas do ano.

Essa classe diz respeito às unidades geotécnicas com solos aluviais e associação de solos aluviais e gleis húmicos e agrupamentos geológico-geotécnicos constituídos por depósitos de terraços lagunares antigos e depósitos fluviais (Asq4, A/HGsq4).

**Classe 8 – Restrita E.** Solos, muito mal drenados, com horizonte B apresentando profundidade variável. O material dos horizontes pedogenéticos requer uma mais criteriosa avaliação geotécnica para o uso urbano, pois apresenta aspectos que restringem o seu desempenho e podem vir a dificultar a aplicação. O horizonte B apresenta fraca capacidade de carga. O lençol freático encontra-se próximo à superfície. O material do substrato, encontrado a maior profundidade, requer também uma mais criteriosa avaliação geotécnica para o uso urbano e apresenta estratos com baixa capacidade de carga. Verifica-se a inexistência de matacões e a possibilidade de ocorrer alagamentos durante certas épocas do ano.

Essa classe diz respeito às unidades geotécnicas com associação de solos aluviais e gleis húmicos e agrupamentos geológico-geotécnicos constituídos por depósitos de terraços lagunares recentes e depósitos deltáicos (A/HGsq3, A/HGsq5).

**Classe 9 – Inapta.** Solos, muito mal drenados, com horizonte B apresentando profundidade variável e fortes restrições que comprometem a ocupação urbana, como a presença de material orgânico em decomposição. Horizonte subsuperficial com fraca capacidade de carga. O lençol freático encontra-se próximo à superfície. O material do substrato, encontrado a maior profundidade, requer também uma mais criteriosa avaliação geotécnica para o uso urbano e apresenta estratos com baixa capacidade de carga. Verifica-se a inexistência de matacões e a ocorrência de alagamentos durante grande parte do ano.

Essa classe diz respeito às unidades geotécnicas com solos orgânicos e agrupamento geológico-geotécnico constituído por depósitos deltáicos (HOsq5). Caracterizam-se por áreas insalubres, imprópria à ocupação urbana e indicada à preservação ambiental.

**Classe 10 – Área não Classificada.** Áreas de aterros.

O plano de informação referente à aptidão dos solos à ocupação urbana no município de Porto Alegre, PI-A\_URB, está representado na figura 12.6 e a quantificação das suas classes temáticas na tabela 12.6.

Tabela 12.6 - Quantificação das áreas referentes à aptidão do solo à ocupação urbana no município de Porto Alegre (RS)

ID_CLASSE	CLASSE DE APTIDÃO	ÁREA (ha)	%
1	Boa	7.655,49	16,03
2	RazoávelA	7.560,72	15,83
3	Razoável B	6.571,53	13,76
4	Restrita A	2.767,95	5,80
5	Restrita B	1.323,18	2,77
6	Restrita C	8.290,71	17,36
7	Restrita D	6.301,71	13,19
8	Restrita E	5.035,86	10,54
9	Inapta	1.648,35	3,45
10	Não classificada	607,86	1,27
TOTAL		47.763,36	100,00

#### 12.4.4 - Aptidão 4: Aptidão do Solo como Material de Aterro e Pavimentação — PI - A\_ATPAV

**Classe 1 – Boa.** Solos bem drenados, cujos materiais do substrato e do horizonte subsuperficial B (solo arenoso a areno-argiloso com boas propriedades de compactação) são aptos para o uso sob o ponto de vista de suas propriedades geotécnicas.

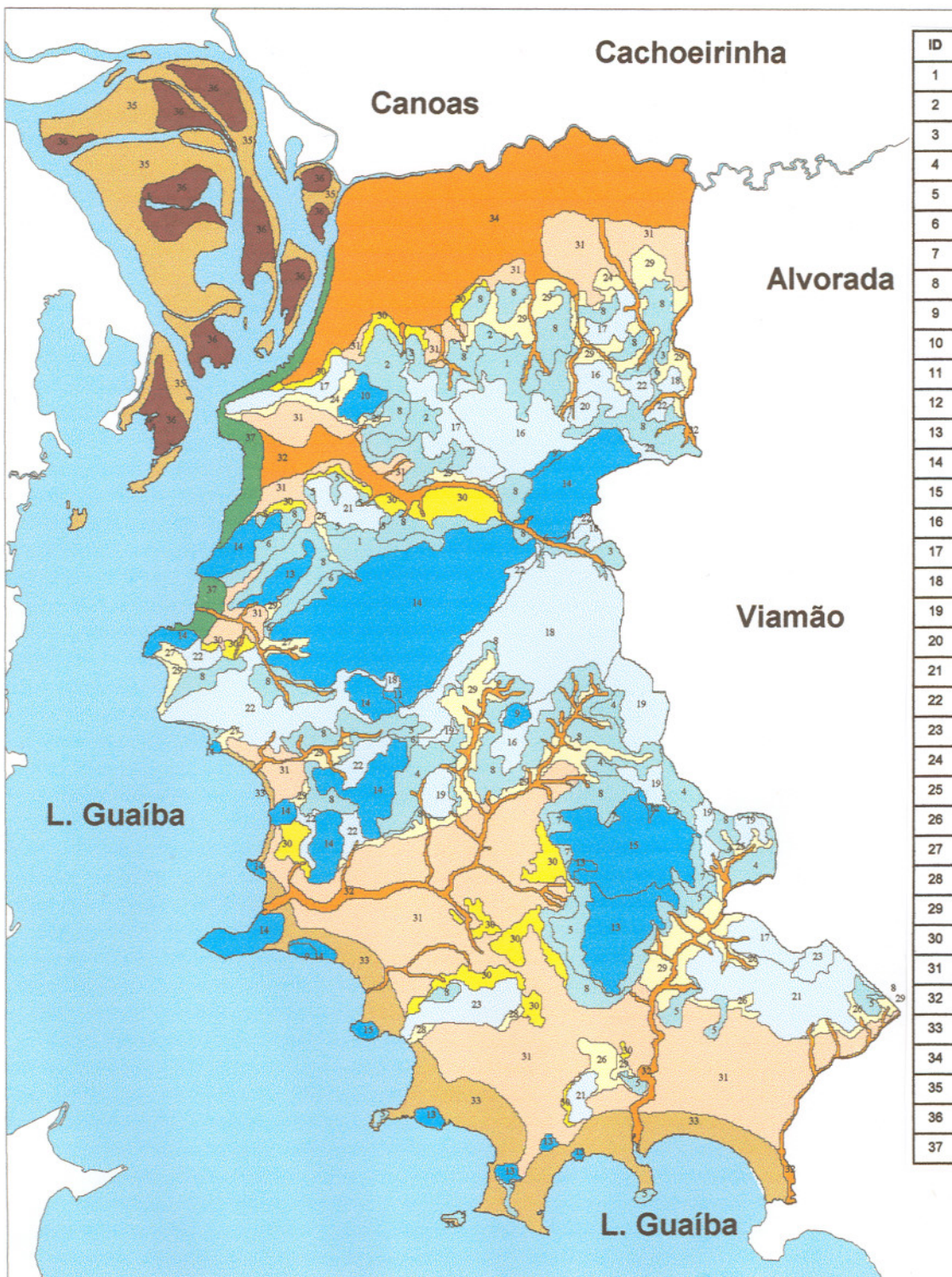
Essa classe corresponde às unidades geotécnicas com solos litólicos, solos podzólicos vermelho-amarelo e associação de ambos com agrupamentos geológico-geotécnicos constituídos principalmente por sienogranitos (PVg3, PVg4, PVg5, Rg3, Rg4, Rg5, R/PVg3, R/PVg4 e R/PVg5).

**Classe 2 - Razoável.** Solos bem drenados, cujo material do horizonte subsuperficial B é apto para o uso analisado sob o ponto de vista de suas propriedades geotécnicas. No entanto, o material do substrato, embora apto para o uso, requer precauções frente a alguns aspectos geotécnicos (p.ex.presença de veios argilosos e micáceos).

Essa classe refere-se às unidades geotécnicas com solos litólicos e podzólicos vermelho-amarelos, e as associações desses, com agrupamentos geológico-geotécnicos constituídos por metagranodiorito e gnaiss, granodioritos, monzogranitos, além de eluviões,

6.690.000

470.000



ID	UNGEO
1	PVmgd
2	PVgd1
3	PVgd2
4	PVg1
5	PVg3
6	PVg4
7	PVg5
8	PVsq1
9	Rmgd
10	Rgd1
11	Rgd2
12	Rg1
13	Rg3
14	Rg4
15	Rg5
16	R/PVmgd
17	R/PVgd1
18	R/PVgd2
19	R/PVg1
20	R/PVg2
21	R/PVg3
22	R/PVg4
23	R/PVg5
24	PL/PVgd1
25	PL/PVg1
26	PL/PVg3
27	PL/PVg4
28	PL/PVg5
29	PL/PVsq1
30	PL/PVsq2
31	PLsq2
32	Asq4
33	A/HGsq3
34	A/HGsq4
35	A/HGsq5
36	HOsq5
37	AT

500.000

**Legenda**

	Boa		Restrita C
	Razoável A		Restrita D
	Razoável B		Restrita E
	Restrita A		Inapta
	Restrita B		Não classificada

6.650.000



Meters  
5000.00

Figura 12. 6 - Plano de informação referente à aptidão do solo à ocupação urbana para o município de Porto Alegre (RS).

colúvios e leques aluviais (PVmgd, PVgd1, PVgd2, PVg1, PVsq1, Rmgd, Rgd1, Rgd2 e Rg1, R/PVmgd, R/PVgd1, R/PVgd2, R/PVg1 e R/PVg2).

**Classe 3 - Restrita A.** Solos com capacidade de drenagem variável, podendo ser encontrados solos imperfeitamente drenados a bem drenados. O material do horizonte subsuperficial B requer uma mais criteriosa avaliação geotécnica para o uso analisado, pois em alguma áreas apresenta um ou mais aspectos que restringem o seu desempenho (solos plásticos e heterogêneos). Já o material do substrato não apresenta maiores restrições para o uso considerado.

Essa classe corresponde às unidades geotécnicas com associação de planossolos com podzólicos vermelho-amarelo e agrupamentos geológico-geotécnicos constituídos principalmente por sienogranitos (PL/PVg3, PL/PVg4, PL/PVg5).

**Classe 4 - Restrita B.** Solos com capacidade de drenagem variável, podendo ser encontrados solos imperfeitamente drenados a bem drenados. O material do horizonte subsuperficial B requer uma mais criteriosa avaliação geotécnica para o uso analisado, pois em algumas áreas pode apresentar um ou mais aspectos que restringem o seu desempenho (solos plásticos e heterogêneos). Já o material do substrato, embora apto para o uso, requer precauções frente a alguns aspectos geotécnicos (p.ex. presença de veios argilosos e micáceos).

Essa classe engloba as unidades geotécnicas com planossolos e sua associação com podzólico vermelho-amarelo, além de agrupamentos geológico-geotécnicos constituídos por granodioritos, monzogranitos, eluviões, colúvios e leques aluviais (PL/PVgd1, PL/PVg1, PL/PVsq1)

**Classe 5 - Restrita C.** Solos em geral mal drenados a muito mal drenado. Contudo, podem ser encontrados em algumas áreas, onde verifica-se associação de solos, solos com boa capacidade de drenagem. O material do horizonte subsuperficial B requer uma mais criteriosa avaliação geotécnica para o uso analisado, pois em algumas áreas pode apresentar um ou mais aspectos que restringem o seu desempenho (solos plásticos e heterogêneos). Já o material do substrato, requer mais criteriosa avaliação geotécnica para o uso considerado, pois apresenta um ou mais aspectos que restringem o seu desempenho (p.ex. alternância de camadas arenosas e argilas com vestígio de material orgânico).

Essa classe engloba as unidades geotécnicas com solos aluviais, planossolos e associação desse com podzólico vermelho-amarelo, além de agrupamentos geológico-

geotécnicos constituídos por depósitos de terraços lagunares antigos e depósitos fluviais (PLsq2, PL/PVsq2, Asq4)

**Classe 6 - Inapta A.** Solos em geral muito mal drenados. O material do horizonte subsuperficial B apresenta fortes restrições que comprometem o uso analisado (solos plásticos, com más propriedades de compactação). O material do substrato, requer mais criteriosa avaliação geotécnica para o uso considerado, pois apresenta um ou mais aspectos que restringem o seu desempenho (p.ex. alternância de camadas arenosas e argilosas com vestígio de material orgânico).

Essa classe engloba a unidade geotécnica com associação de solos aluviais e gleis húmicos, e agrupamento geológico-geotécnico constituído por depósitos fluviais (A/HGsq4).

**Classe 7 - Inapta B** Solos em geral muito mal drenados. O material do horizonte subsuperficial B apresenta fortes restrições que comprometem o uso analisado (solos plásticos, com presença de material orgânico e com más propriedades de compactação. O material do substrato, apresenta fortes restrições que comprometem o uso considerado.

Essa classe corresponde às unidades geotécnicas com solos orgânicos e a associação de solos aluviais e gleis húmicos, com agrupamento geológico-geotécnico constituído por depósitos lagunares recentes e depósitos deltáicos (A/HGsq3, A/HGsq5, HOsq5).

**Classe 8 - Não Classificada.** Aterros

O plano de informação referente à aptidão dos solos à ocupação urbana no município de Porto Alegre, PI-A\_ATPAV, está representado na figura 12.7 e a quantificação das suas classes temáticas na tabela 12.7.

Tabela 12.7 - Quantificação das áreas referentes à aptidão do solo como material de aterro e pavimentação no município de Porto Alegre (RS)

ID_CLASSE	CLASSE DE APTIDÃO	ÁREA (ha)	%
1	Boa	10.543,77	22,08
2	Razoável	11.243,97	23,54
3	Restrita A	509,22	1,07
4	Restrita B	2.258,73	4,73
5	Restrita C	11.838,15	24,79
6	Inapta A	4.077,45	8,54
7	Inapta B	6.684,21	13,99
8	Não classificada	607,86	1,27
TOTAL		47.763,36	100,00



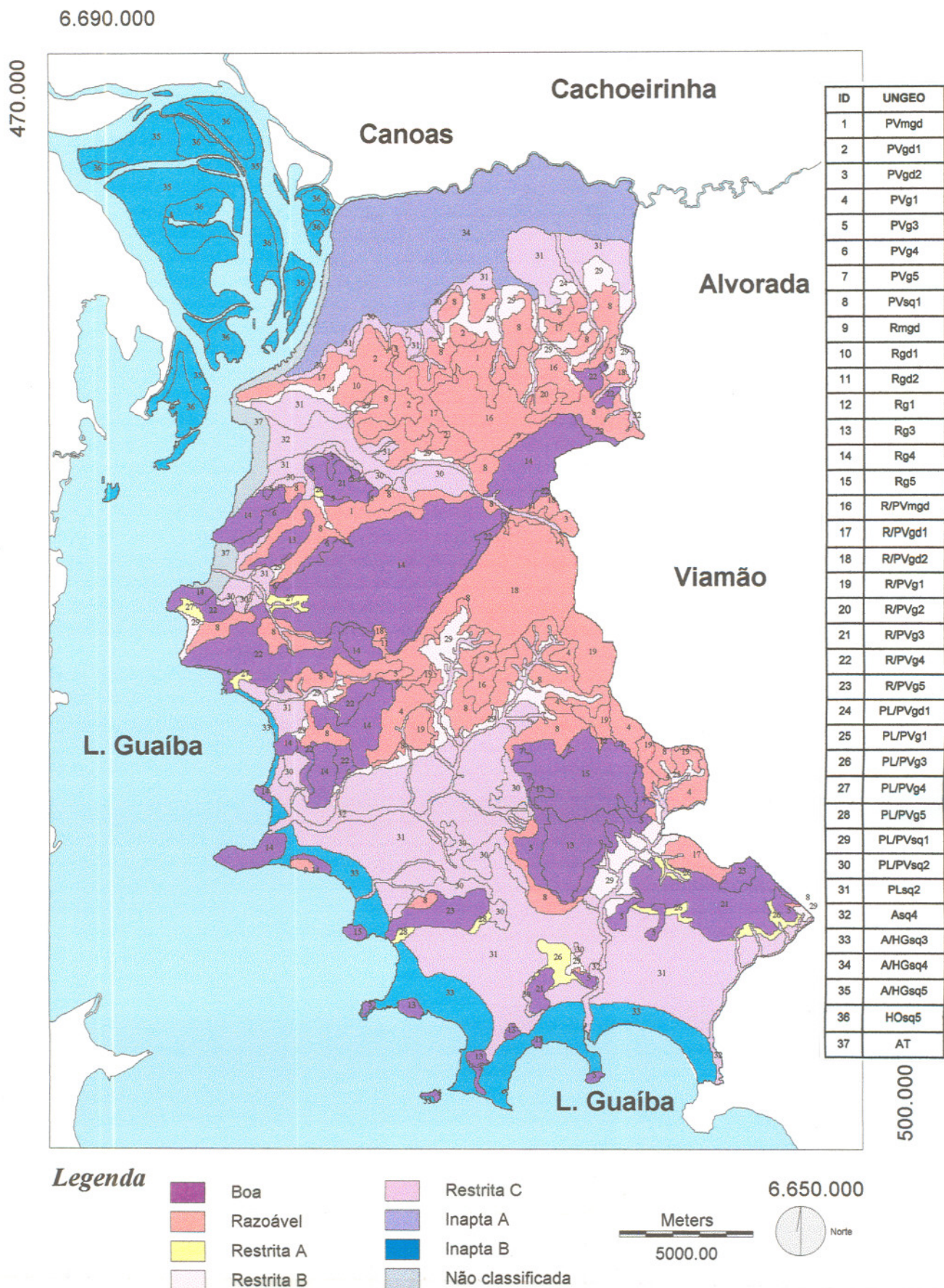


Figura 12. 7 - Plano de informação referente à aptidão do solo como material de aterro e pavimentação para o município de Porto Alegre (RS).



## 12.5 - INTEGRAÇÃO DA APTIDÃO DO SOLO À OCUPAÇÃO URBANA COM A MANCHA URBANA EXISTENTE

A partir do mapeamento da aptidão do solo à ocupação urbana é possível realizar a análise da evolução da área urbana em função das diferentes classes de aptidão identificadas na área de estudo. Nesse sentido, a metodologia propõe a geração de novos planos de informações a serem obtidos pela intersecção entre os PIs envolvidos.

Para o município de Porto Alegre, esse cruzamento realizou-se para os anos de 1958, 1975, 1994 e 1995, conforme descrição a seguir.

### 12.5.1 - Aptidão do Solo à Ocupação Urbana x Mancha Urbana em 1958 — PI - A\_OURB58

Para a geração desse plano de informação na área teste, foram combinados os PI-A\_OURB (figura 12.6) e PI-URB1958 (figura 9.17), por meio do módulo *OVERLAY*, resultando na imagem mostrada na figura 12.8, cujas áreas quantificadas estão na tabela 12.8.

Tabela 12.8 - Quantificação das áreas referentes à aptidão do solo à ocupação urbana x mancha urbana em 1958 no município de Porto Alegre (RS)

ID_CLASSE	CLASSE DE APTIDÃO	ÁREA (ha)	%
1	Boa	1.989,81	29,62
2	Razoável A	1.265,40	18,83
3	Razoável B	435,6	6,48
4	Restrita A	407,61	6,07
5	Restrita B	424,98	6,33
6	Restrita C	865,62	12,88
7	Restrita D	1.086,12	16,17
8	Restrita E	35,82	0,53
10	Não classificada	207,63	3,09
TOTAL		6.718,59	100,00

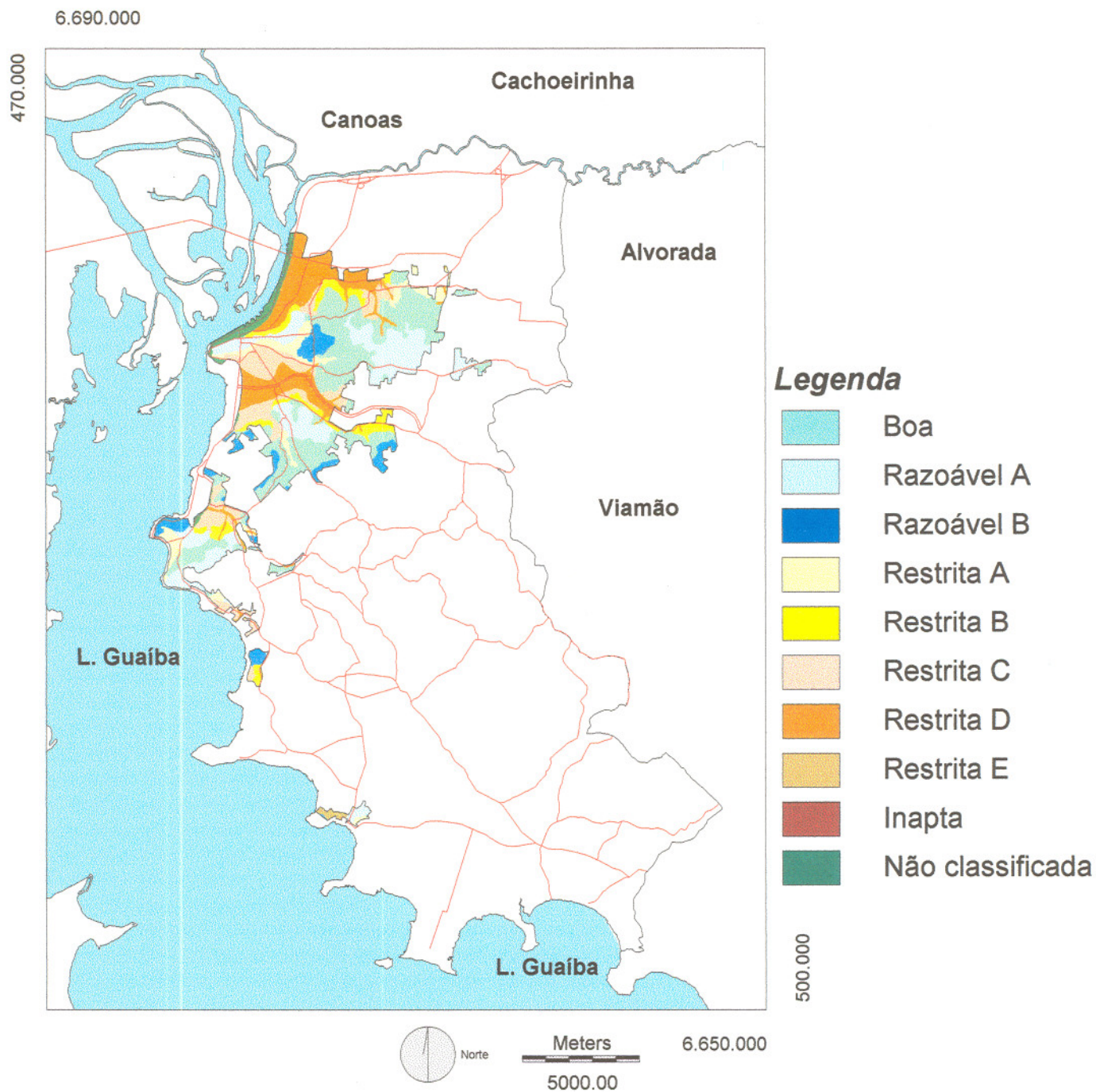


Figura 12.8 - Classes de aptidão do solo à ocupação urbana ocupadas pela mancha urbana existente em 1958 no município de Porto Alegre (RS).

### 12.5.2 - Aptidão do Solo à Ocupação Urbana x Mancha Urbana em 1975 — PI - A\_OURB75

Esse PI (figura 12.9) resultou do cruzamento dos PI-A\_OURB (figura 12.6) e PI-URB1975 (figura 9.18). A tabela 12.9 mostra as áreas obtidas para cada uma das classes temáticas da imagem de saída.

Tabela 12.9 - Quantificação das áreas referentes à aptidão do solo à ocupação urbana x mancha urbana em 1975 no município de Porto Alegre (RS)

ID_CLASSE	CLASSE DE APTIDÃO	ÁREA (ha)	%
1	Boa	3.110,13	28,06
2	Razoável A	1.872,54	16,89
3	Razoável B	1.001,52	9,04
4	Restrita A	755,82	6,82
5	Restrita B	663,75	5,99
6	Restrita C	1.501,29	13,54
7	Restrita D	1.563,93	14,11
8	Restrita E	81,36	0,73
10	Não classificada	534,24	4,82
TOTAL		11.084,58	100,00

### 12.5.3 - Aptidão do Solo à Ocupação Urbana x Mancha Urbana em 1994 — PI - A\_OURB94

O PI-A\_OURB94, mostrado na figura 12.10, é o produto da intersecção do PI-A\_OURB (figura 12.6) pelo PI-URB1975 (figura 9.19). A tabela 12.10 relaciona os valores obtidos pela quantificação das áreas da imagem resultante.

Tabela 12.10 - Quantificação das áreas referentes à aptidão do solo à ocupação urbana x mancha urbana em 1994 no município de Porto Alegre (RS)

ID_CLASSE	CLASSE DE APTIDÃO	ÁREA (ha)	%
1	Boa	4.198,77	22,40
2	Razoável A	3.857,40	20,58
3	Razoável B	2.142,54	11,43
4	Restrita A	1.279,62	6,83
5	Restrita B	771,48	4,12
6	Restrita C	2.349,09	12,53
7	Restrita D	3.329,01	17,76
8	Restrita E	210,78	1,12
10	Não classificada	607,86	3,24
TOTAL		18.746,55	100,00

#### 12.5.4 - Aptidão do Solo à Ocupação Urbana x Mancha Urbana em 1995 — PI - A\_OURB95

O plano de informação PI-A\_OURB95 (figura 12.11) engloba as classes de aptidão do solo à ocupação urbana identificadas nas ilhas do Delta do Jacuí, além daquelas mapeadas na parte continental do município e consideradas nos três PIs anteriores.

Esse plano de informação, cujas áreas referentes as suas classes temáticas podem ser vistas na tabela 12.11, é também obtido pela aplicação do módulo *OVERLAY* (intersecção) entre o PI-A\_OURB (figura 12.6) e o PI-URB1995 (figura 9.20).

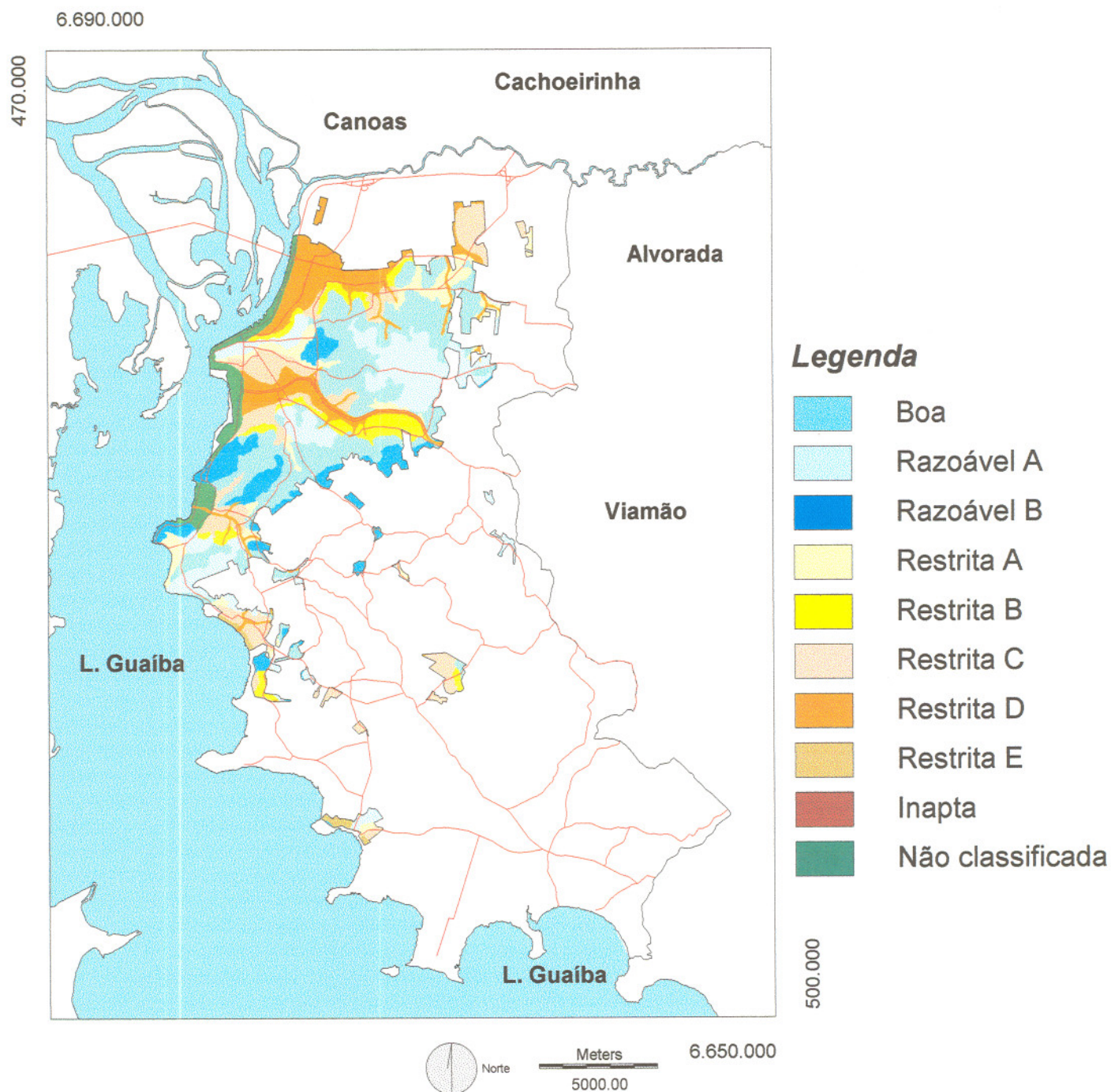


Figura 12.9 - Classes de aptidão do solo à ocupação urbana ocupadas pela mancha urbana existente em 1975 no município de Porto Alegre (RS).



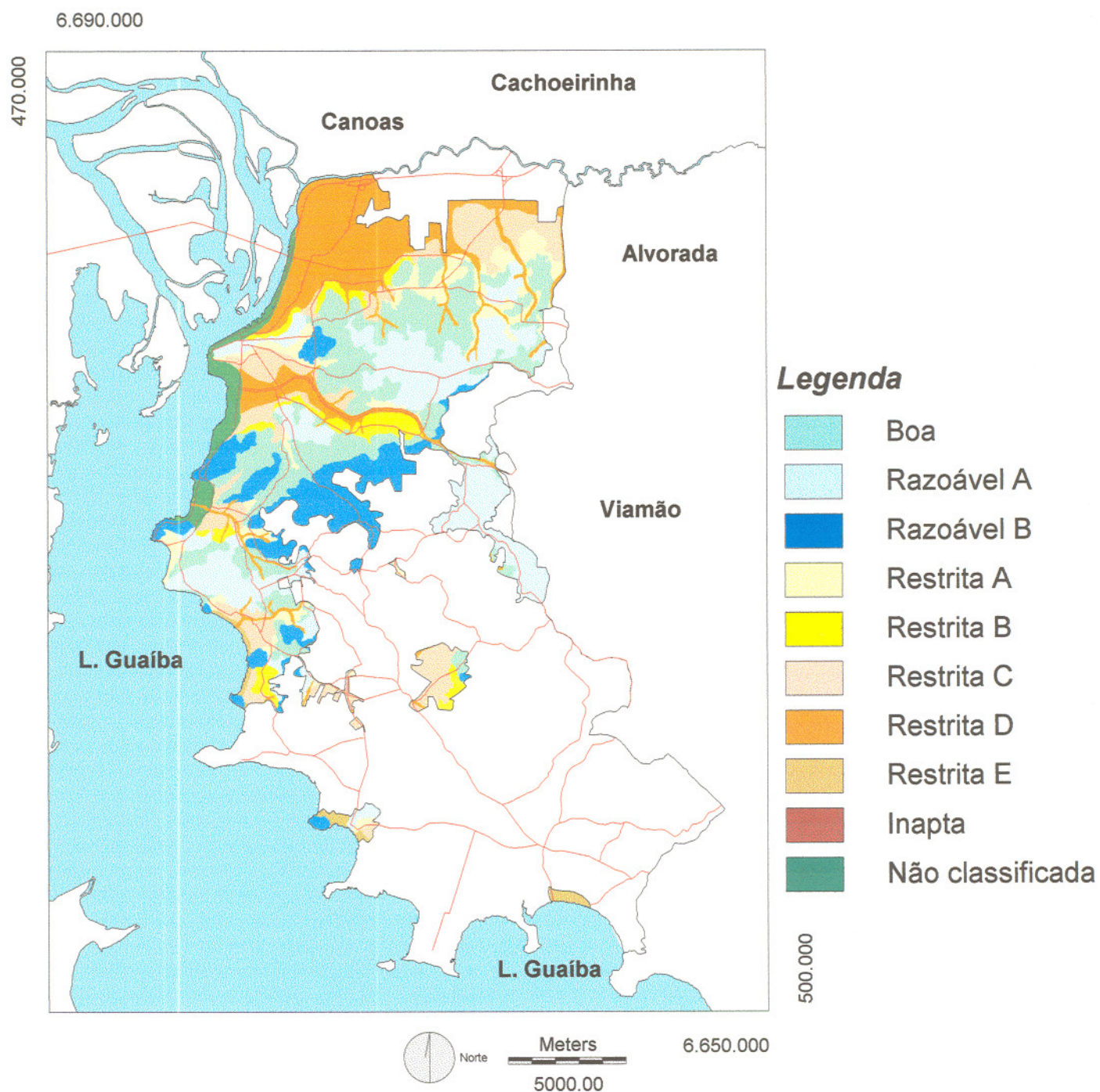


Figura 12.10 - Classes de aptidão do solo à ocupação urbana ocupadas pela mancha urbana existente em 1994 no município de Porto Alegre (RS).



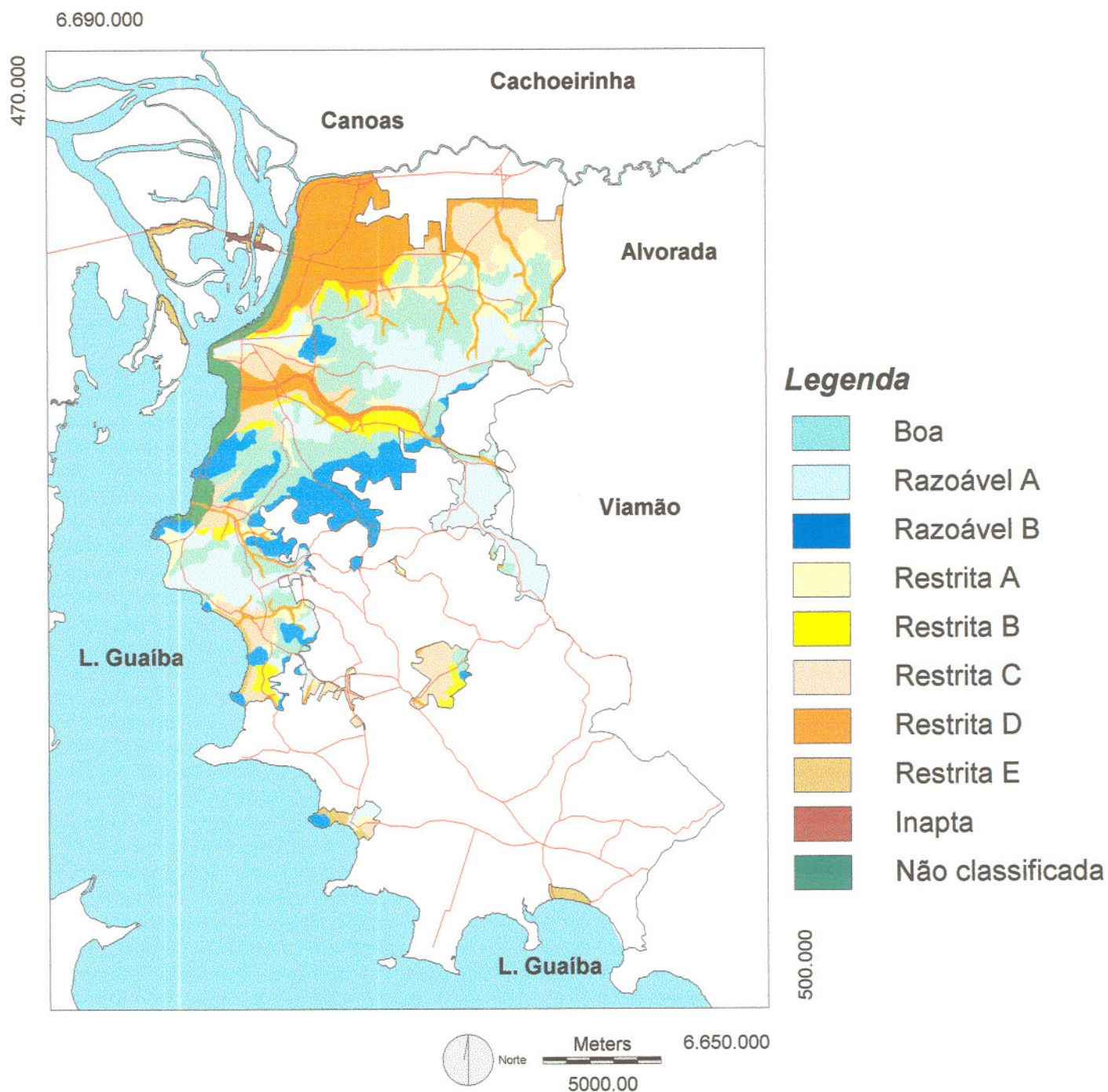


Figura 12.11 - Classes de aptidão do solo à ocupação urbana ocupadas pela mancha urbana existente em 1995 (continente e arquipélago) no município de Porto Alegre (RS).

Tabela 12.11 - Quantificação das áreas referentes à aptidão do solo à ocupação urbana x mancha urbana em 1995 no município de Porto Alegre (RS)

ID_CLASSE	CLASSE DE APTIDÃO	ÁREA (ha)	%
1	Boa	4.199,13	22,10
2	Razoável A	3.857,40	20,30
3	Razoável B	2.142,54	11,27
4	Restrita A	1.279,62	6,73
5	Restrita B	771,48	4,06
6	Restrita C	2.349,09	12,36
7	Restrita D	3.329,01	17,52
8	Restrita E	417,87	2,20
9	Inapta	49,05	0,26
10	Não classificada	607,86	3,20
TOTAL		19.003,05	100,00

## 12.6 - INTEGRAÇÃO DA APTIDÃO DO SOLO À OCUPAÇÃO URBANA ÀS ÁREAS DE ISODECLIVIDADES 2 — PI - A\_OURBI2

O plano de informação aptidão do solo à ocupação urbana pode ainda ser integrado aos valores de isodeclividades 2 especificadas no Capítulo 10. Dessa forma, é obtido um novo plano de informação (PI-A\_OURBI2), que além dos atributos característicos do meio físico relacionados às propriedades dos solos, representa também as limitações à ocupação urbana devido às declividades existentes no terreno.

Para o município de Porto Alegre (RS), esse novo plano de informação foi gerado pela classificação cruzada, descrita no item 11.2, Capítulo 11, entre os PI-A\_OURB e PI-ISOD2, resultando numa imagem temporária (URBI2), onde cada classe representa a combinação única de uma classe de aptidão do solo à ocupação urbana com uma classe de isodeclividade 2. Em seguida, foi atribuído a essa imagem um arquivo de valores para reclassificação das classes de acordo com a legenda mostrada na tabela 12.12.

O modelo cartográfico da figura 12.12 mostra a sequência de procedimentos realizados e a figura 12.13 apresenta a imagem referente ao PI -A\_OURBI2. Já a tabela 12.13 traz a quantificação das áreas das classes temáticas resultantes.

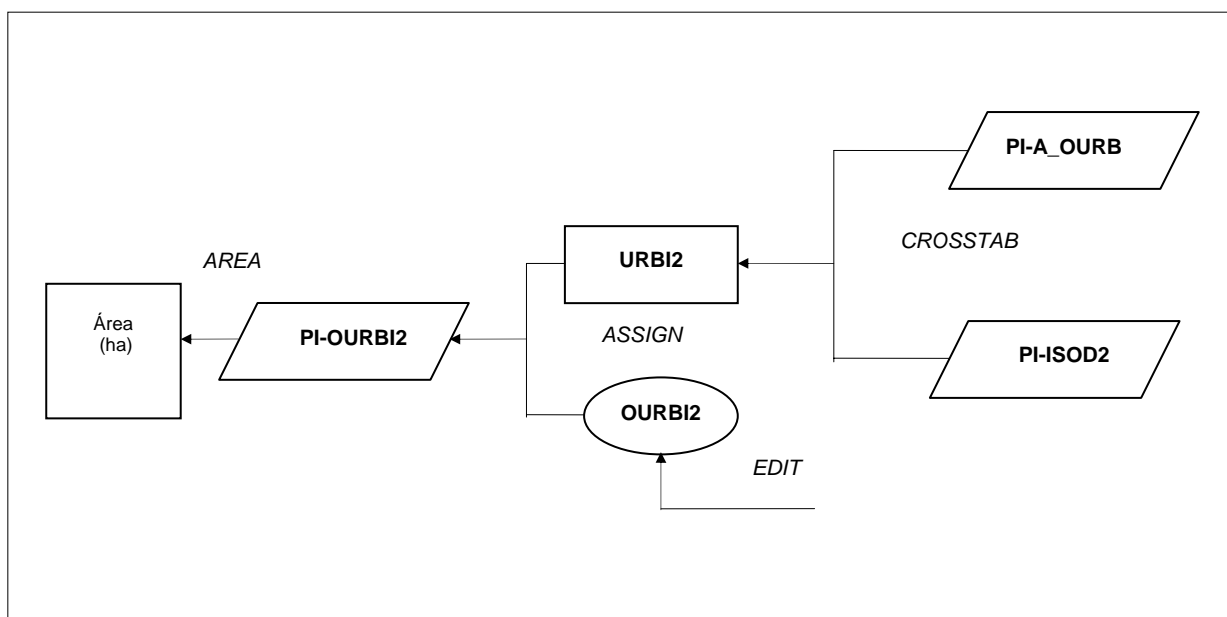


Figura 12.12 - Modelo cartográfico para a determinação do PI-A\_OURBI2.

Tabela 12.12 - Classes de aptidão à ocupação urbana integradas aos valores de isodeclividades 2

CLASSES DE APTIDÃO		CLASSES DE ISODECLIVIDADES 2		
		1	2	3
		0% <= d <=15%	15% < d <30%	d >= 30%
1	Boa	BOA	BOA*	USO NP**
2	Razoável A	RA A	RA A*	USO NP**
3	Razoável B	RA B	RA B*	USO NP**
4	Restrita A	RE A	RE A*	USO NP**
5	Restrita B	RE B	RE B*	USO NP**
6	Restrita C	RE C	RE C*	USO NP**
7	Restrita D	RE D	RE D*	USO NP**
8	Restrita E	RE E	RE E*	USO NP**
9	Inapta	INAPTA	-	-
10	Não classificada	NC	NC	NC



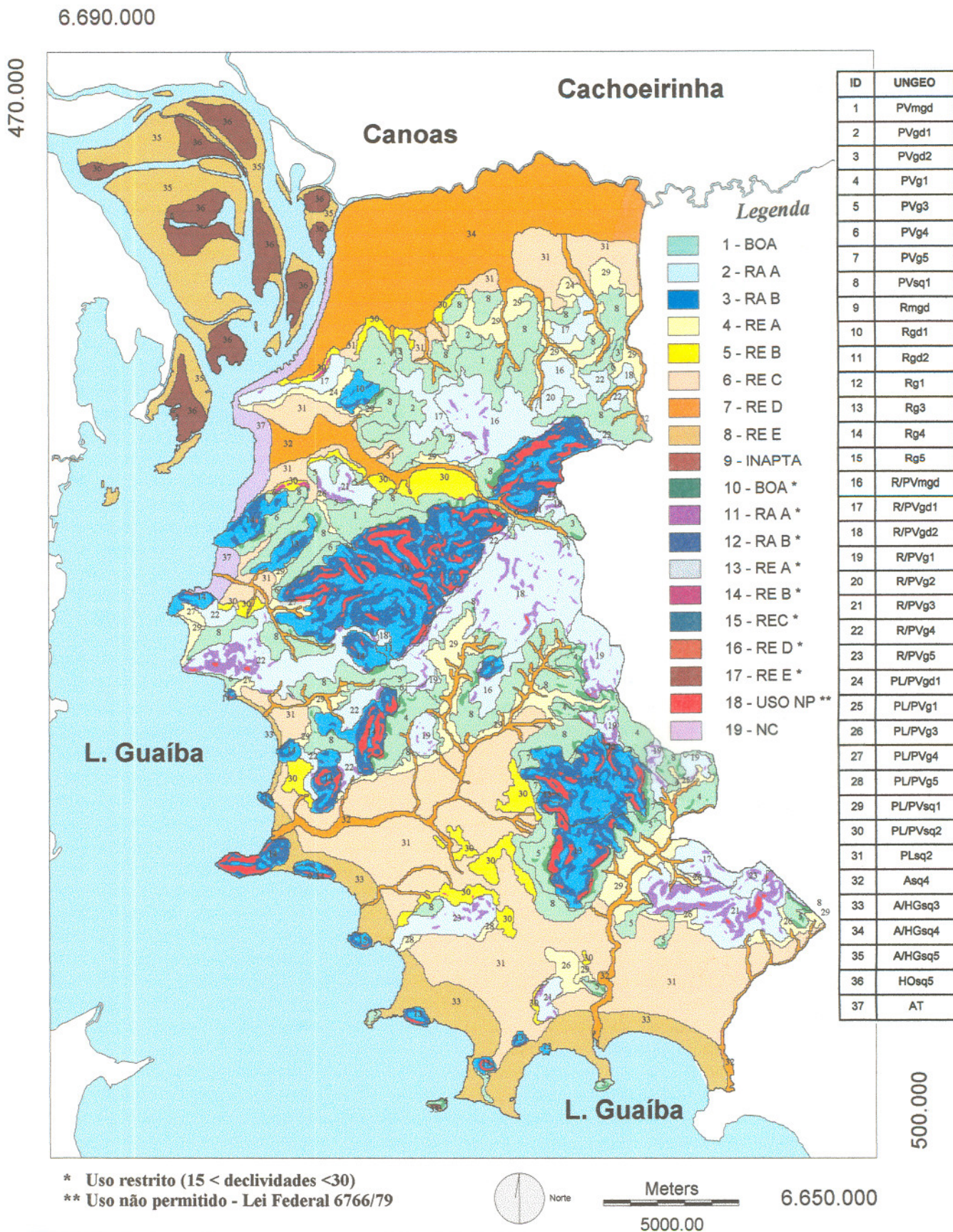


Figura 12.13 - Plano de informação PI -A\_OURBI2 com as classes de aptidão à ocupação urbana integradas aos valores de isodeclividades 2.



Tabela 12.13 - Quantificação das áreas do PI-A\_OURBI2

ID_CLASSE	CLASSE	ÁREA (ha)	%
1	BOA	7.158,24	14,99
2	RA A	6.470,64	13,55
3	RA B	2.609,01	5,46
4	RE A	2.725,38	5,71
5	RE B	1.296,63	2,71
6	RE C	8.282,34	17,34
7	RE D	6.295,41	13,18
8	RE E	5.024,16	10,52
9	INAPTA	1.648,26	3,45
10	BOA *	476,46	1,00
11	RA A *	1.053,54	2,21
12	RA B *	3.053,52	6,39
13	RE A *	40,32	0,08
14	RE B *	26,55	0,06
15	REC *	8,37	0,02
16	RE D *	6,03	0,01
17	RE E *	11,16	0,02
18	USO NP **	969,3	2,03
19	NC	608,04	1,27
	TOTAL	47.763,36	100,00



# IMPLEMENTAÇÃO DE TÉCNICAS DE SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS - PIS ASSOCIADOS (III)

## 13.1 – INTRODUÇÃO

O presente capítulo dá continuidade à Etapa 8 da metodologia, “Implementação de Técnicas de Sistemas de Informações Geográficas”, destinando-se aos seguintes procedimentos:

- a) determinação da suscetibilidade potencial à erosão laminar;
- b) identificação das áreas consideradas de eventos perigosos;
- c) mapeamento das áreas de risco;
- d) análise do meio físico de uma sub-área pertencente à área de estudo;
- e) identificação de características do meio físico na localização dos furos de sondagem SPT (*Standart Penetration Test*) armazenados no banco de dados geotécnicos;
- f) associação de imagens de cobertura com a perspectiva do modelo digital do terreno (MDT).

A suscetibilidade potencial à erosão laminar, as áreas de eventos perigosos e as áreas de risco constituem os planos de informações associados PI-EROSÃO, PI-EVP, PI-RISCO95 descritos nos itens 13.2 a 13.4.

A análise do meio físico de uma sub-área dentro da área de estudo (item 13.5) é procedida por meio da geração de inúmeros planos de informações associados que resultaram da integração de diferentes PIs temáticos, gerados ao longo da metodologia, com o PI correspondente à área particular de interesse.

A identificação de características do meio físico para cada furo de sondagem SPT é procedida pela classificação visual a partir da sobreposição do PI-SPT com outros planos de informações temáticos e está descrita no item 13.6.

A geração de imagens em perspectiva do relevo e a sua associação com outras imagens de cobertura constitui um interessante recurso para a visualização de diferentes temas na área de estudo e por isso, é tratada no item 13.7.

### 13.2 – PLANO DE INFORMAÇÃO SUSCETIBILIDADE POTENCIAL À EROSÃO LAMINAR – PI - EROSÃO

Esse PI tem por finalidade a determinação da suscetibilidade potencial à erosão laminar na área teste resultante de fatores naturais. Para isso, a metodologia considera os fatores naturais apresentados na Equação Universal de Perdas dos Solos (USLE - *Universal Soil Loss Equation*), equação 1, desenvolvida por Wischmeier & Smith (1962).

$$A = R. K. LS. C. P \quad (1)$$

onde:

A = perda do solo em unidade de massa por unidade de área (t/ha/ano);

R = fator referente à erosividade da chuva (escoamento superficial);

K = fator erodibilidade do solo;

LS = fator topográfico;

C = fator de uso e manejo;

P = fator de práticas conservacionistas.

Os fatores naturais considerados são, portanto, a erosividade da chuva (R), a erodibilidade do solo (K) e o fator topográfico (LS), esse último determinado a partir do comprimento de rampa (L) e do grau de declividade da encosta (S). Os fatores ligados à ação antrópica como o tipo de cultivo e as práticas conservacionistas não são considerados na determinação do mapa de perdas do solo segundo fatores naturais (Ferrari *et al.* 1996), simplificando a equação da USLE para:

$$A_p = R. K. LS \quad (2)$$

A erosividade da chuva, que traduz o potencial de erosão causada pelo impacto das gotas d'água, escoamento superficial e subsuperficial (Salomão, 1992), pode ser obtida a partir da interpolação dos valores de erosividade média anual (R), para um período aproximado de 20 anos e para diversos locais que dispõem de postos pluviométricos. O índice

de erosão médio anual ( R ) é determinado pela soma dos valores mensais do índice de erosão, que por sua vez, podem ser calculados por meio da equação 3 (Lombardi & Moldenhauer, 1981, 1992).

$$E=68,730 (p^2/P)^{0,841} \quad (3)$$

onde:

E = média mensal do índice de erosão em MJ.mm/ha.h. ano

p = precipitação média mensal em mm;

P = precipitação média anual em mm;

Para o município de Porto Alegre estavam disponíveis os dados de precipitação de apenas um posto pluviométrico situado no 8º Distrito de Meteorologia, referente aos anos de 1979 a 1997. Por esse motivo, a erosividade da chuva não resultou de um processo de interpolação de dados, mas da adoção do valor de R = 553,68 MJ.mm/ha.h, calculado e adotado para toda a área teste. A planilha com os valores de precipitação mensal para Porto Alegre (RS), bem como a determinação dos valores médios mensais do índice de erosão (E) e do valor final do índice de erosão médio anual ( R ) para o período de 1979 a 1997 podem ser encontrados no Anexo A.

A erodibilidade do solo (K), conforme já foi mencionado nesse trabalho, indica a maior ou menor suscetibilidade do solo à erosão devido à características físicas, morfológicas, químicas, mineralógicas dos solos. Para a área teste, os valores de erodibilidade para cada unidade de solo mapeada encontra-se no PI-ERODIB (Figura 10.19), gerado conforme procedimentos descritos no item 10.10, Capítulo 10.

Já o fator topográfico, indicativo da contribuição da energia do relevo para os processos erosivos, foi determinado para a área teste segundo os procedimentos mencionados no item 10.9 e que resultaram no PI-LS (Figura 10.17).

Assim, a equação da USLE para o município de Porto Alegre (RS), considerando apenas os fatores naturais e sem a cobertura do solo, pode ser escrita de acordo com a equação (4) e implementada no Sistema de Informações Geográficas (SIG), seguindo o modelo cartográfico mostrado na figura 13.1.

$$Ap=553,68.K.LS \quad (4)$$

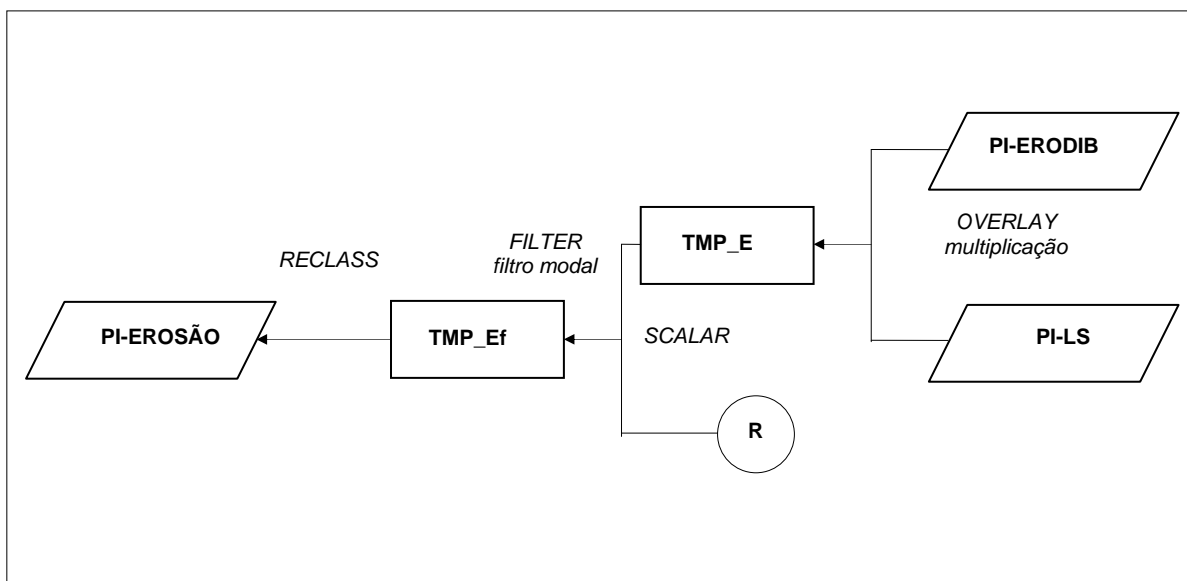


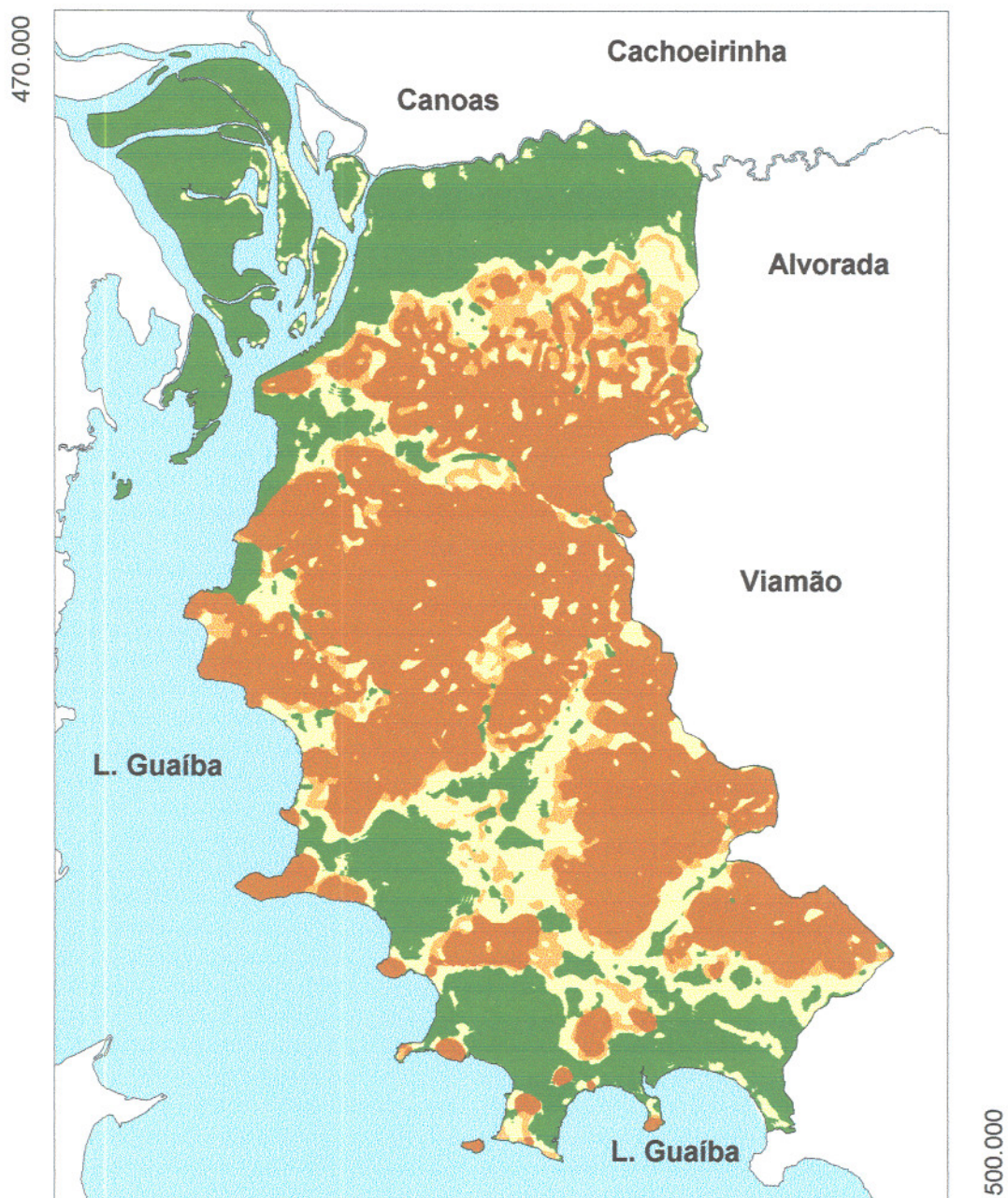
Figura 13.1 - Modelo cartográfico para determinação do PI-EROSÃO.

Conforme pode ser visto na figura acima, a imagem TMP\_E tratou-se de uma imagem temporária para o cálculo da erosão e resultou da multiplicação das imagens dos PI-ERODIB e PI-LS. Essa imagem foi depois multiplicada por um valor numérico, representativo da erosividade da chuva (R), por meio do módulo *SCALAR*, disponível no IDRISI<sup>®</sup>. Em seguida, a imagem sofreu um processo de filtragem espacial pela aplicação de um filtro modal, visando a eliminação de alguns ruídos remanescentes. Finalmente, a imagem foi reclassificada em função dos graus de erosão mostrados na tabela 13.1, resultando na imagem final que caracteriza o PI-EROSÃO para a área teste (Figura 13.2). A tabela 13.2 apresenta a quantificação das áreas do referido plano de informação.





Tabela 13.1 - Classificação dos graus de erosão hídrica (FAO, PNUMA e UNESCO, 1981), apud Alonso *et al.* (1994)

PERDA DO SOLO ( t/ha/ano )	GRAU DE EROSÃO
< 10	Baixa
10 - 50	Moderada
50 - 200	Alta
>200	Muito alta





### Legenda

- |                                                                                     |            |                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|---------------------|
|  | baixa      | (<10 t/ha/ano)      |
|  | moderada   | (10 - 50 t/ha/ano)  |
|  | alta       | (50 a 200 t/ha/ano) |
|  | muito alta | (> 200 t/ha/ano)    |



Meters  
5000.00

6.650.000

Figura 13.2 - PI-EROSÃO com o mapeamento da suscetibilidade potencial à erosão laminar para o município de Porto Alegre (RS), devido apenas fatores naturais e desconsiderada a cobertura do solo.

Tabela 13.2 - Quantificação do PI-EROSÃO para o município de Porto Alegre (RS)

ID_CLASSE	GRAU DE EROSÃO	ÁREA	%
1	Baixa	15.183,72	31,78
2	Moderada	8.379,27	17,54
3	Alta	3.515,58	7,36
4	Muito alta	20.684,79	43,32
TOTAL		47.763,36	100,00

### 13.3 – PLANO DE INFORMAÇÃO ÁREAS COM PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE EVENTOS PERIGOSOS – PI - EVP

Esse plano de informação tem por finalidade a identificação das áreas com probabilidade de ocorrência de eventos perigosos na área de estudo, de acordo com Valente (1995). Para isso, as áreas com probabilidade de eventos perigosos são entendidas, a partir de Zuquette (1994) como áreas sujeitas a fenômenos físicos de origem natural ou provocados pelo homem, com dimensões e localização geográfica conhecidas no tempo e que oferecem perigo latente à população ou aos equipamentos urbanos. Assim, dependendo dos fenômenos decorrentes do meio físico ou da ação antrópica verificados na área de estudo, o PI-EVP resulta da integração de planos de informações que podem ser gerados durante as várias etapas da metodologia, como por exemplo: áreas inundáveis, áreas com suscetibilidade a desertificações, áreas sujeitas a atividades vulcânicas e terremotos, áreas com ocorrência de fenômenos atmosféricos (furacões, secas, etc...), áreas atingidas por agentes poluidores ou tóxicos, áreas com suscetibilidade à erosão potencial alta e muito alta e áreas com declividades muito elevadas.

Para o município de Porto Alegre, o PI-EVP resultou do cruzamento, no computador, das classes temáticas dos planos de informações referentes às áreas inundáveis, à suscetibilidade potencial à erosão laminar (alta e muito alta) e às áreas de isodeclividades elevadas (declividades > 30%), de acordo com o modelo cartográfico da figura 13.3.

Conforme pode ser visto na referida figura, por meio do módulo *ASSIGN*, foram atribuídos dois arquivos de valores EVP\_E e EVP\_D às imagens dos PI-EROSÃO e PI-ISOD2, respectivamente, gerando duas novas imagens temporárias denominadas EVP\_E e EVP\_D, contendo apenas as classes temáticas referentes às suscetibilidade à erosão laminar potencial alta e muito alta e às áreas de isodeclividades maiores do que 30%. Em seguida,

essas duas imagens foram sobrepostas pela aplicação do módulo *OVERLAY*, gerando uma outra imagem temporária *TMP-EVP*, que foi, finalmente, integrada à imagem do *PI-INUN*. A figura 13.4 mostra a imagem final referente ao *PI-EVP* e a tabela 13.3 a quantificação das suas áreas.

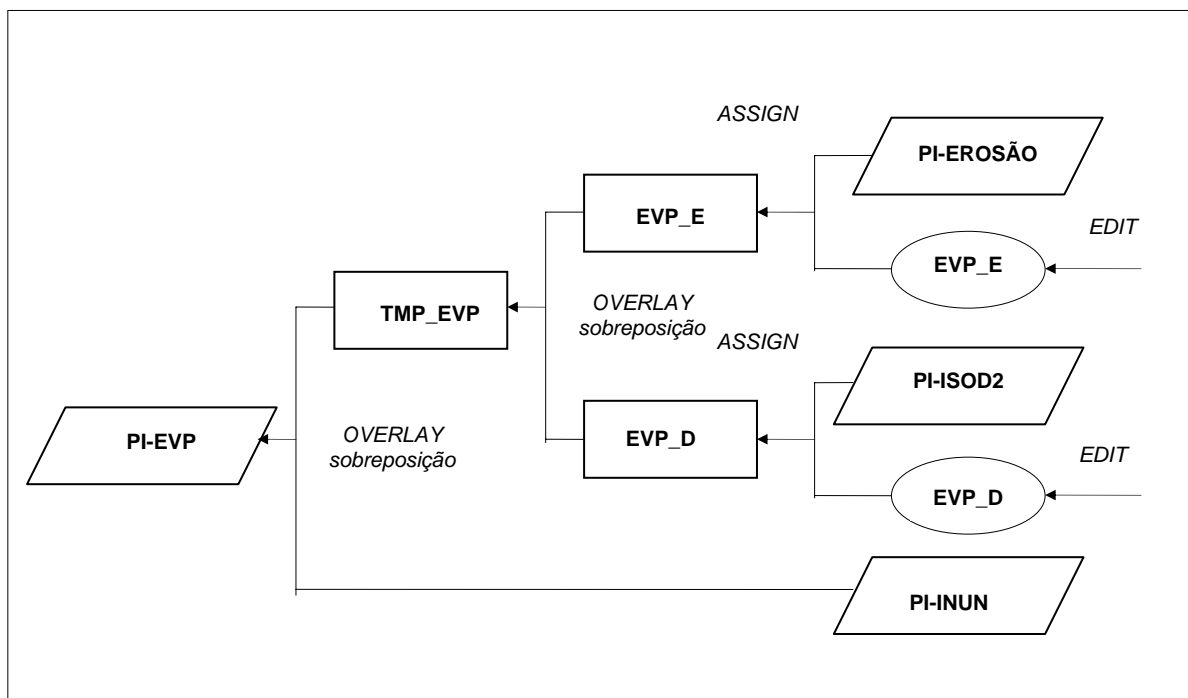
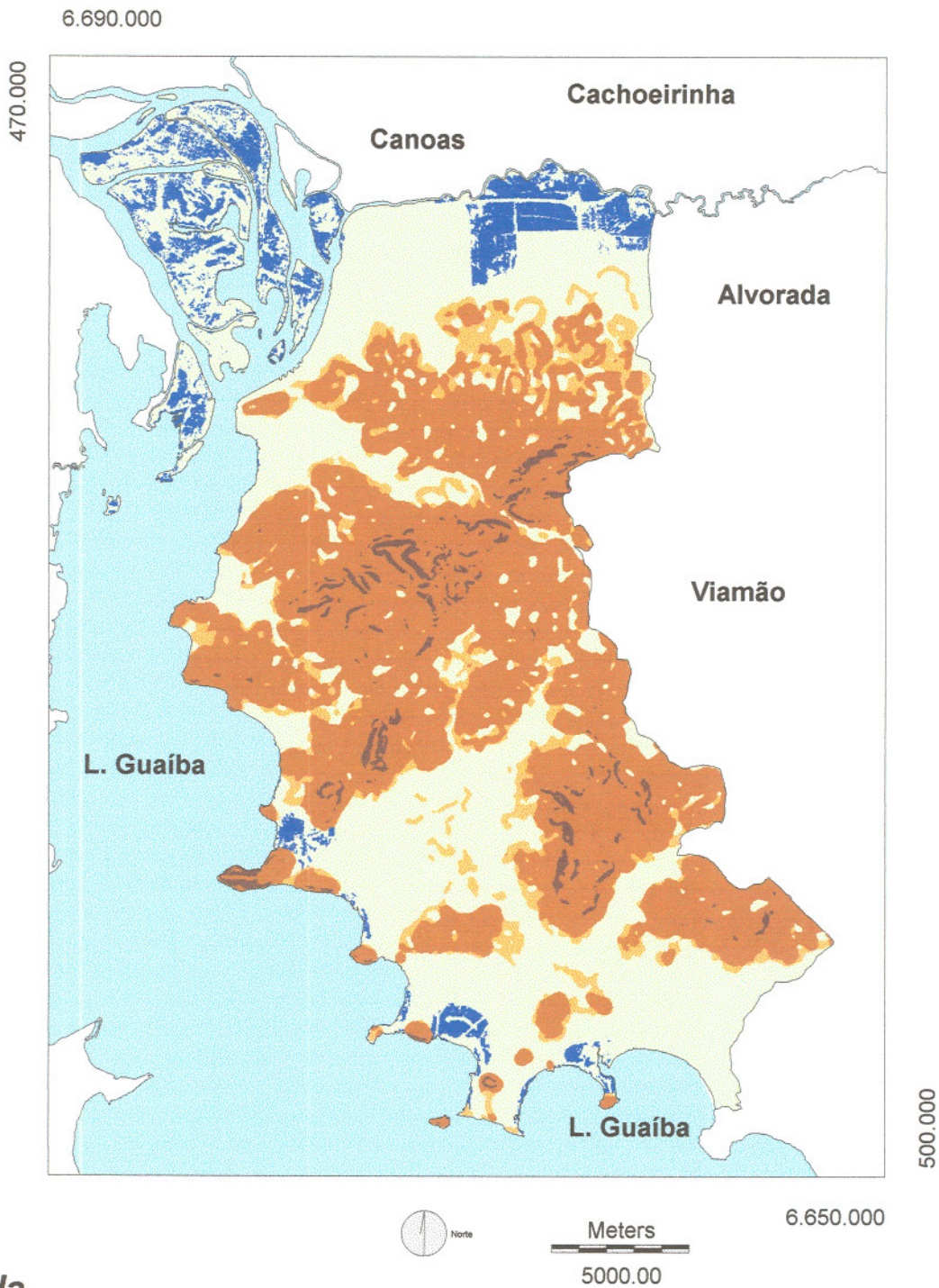


Figura 13.3 - Modelo cartográfico para a obtenção do *PI-EVP*.

Tabela 13.3 - Quantificação do *PI-EVP* para o município de Porto Alegre (RS)

ID_CLASSE	EVENTOS PERIGOSOS CONSIDERADOS	ÁREA	% DA ÁREA DE EVP	% DA ÁREA TOTAL DO MUNICÍPIO
1	Áreas sujeitas à inundação	2.865,06	10,58	6,00
2	Áreas com erosão potencial laminar alta	3.515,58	12,98	7,36
3	Áreas com erosão potencial laminar muito alta	19.716,30	72,86	41,28
4	Áreas com erosão potencial laminar muito alta e declividades maiores do que 30%	969,30	3,58	2,03
TOTAL		27.066,24	100,00	56,67





**Legenda**





-  Áreas sujeitas à inundação
-  Áreas com erosão laminar potencial alta
-  Áreas com erosão laminar potencial muito alta
-  Áreas com erosão laminar potencial muito alta e declividades > 30%

Figura 13.4 - PI-EVP com o mapeamento das áreas de eventos perigosos considerados para o município de Porto Alegre (RS).



### 13.4 – PLANO DE INFORMAÇÃO ÁREAS DE RISCO – PI - RISCO95

Risco geológico pode ser definido, de acordo com Cerri & Amaral (1998), como uma situação de perigo, perda ou dano ao homem e a suas propriedades, em razão da possibilidade de ocorrência de processo geológico induzido ou não. Diferentemente de um evento perigoso, o risco envolve a possibilidade de que um fenômeno geológico, atmosférico ou hidrológico, provocado pelo homem ou de origem natural, resulte em perdas econômicas, sociais ou ambientais, além de um valor limite considerado normal ou aceitável (Zuquette, 1994).

Na presente metodologia, as áreas de risco resultam do cruzamento do plano de informação referente às áreas com probabilidade de eventos perigosos (PI-EVP) com o plano de informação relativo à mancha urbana existente na data estudada, caracterizando a presença vulnerável da população e de bens materiais em zonas consideradas de eventos perigosos. Trata-se, portanto, do risco efetivo (Cerri & Amaral, 1998), instalado em áreas já ocupadas.

Para a área teste, o PI-RISCO foi determinado para o ano de 1995, conforme mostra o modelo cartográfico da figura 13.5, e, por isso, denominado de PI-RISCO95.

A figura 13.6 apresenta a imagem correspondente ao PI-RISCO95 e a tabela 13.4 os valores das áreas de cada classe temática resultante.

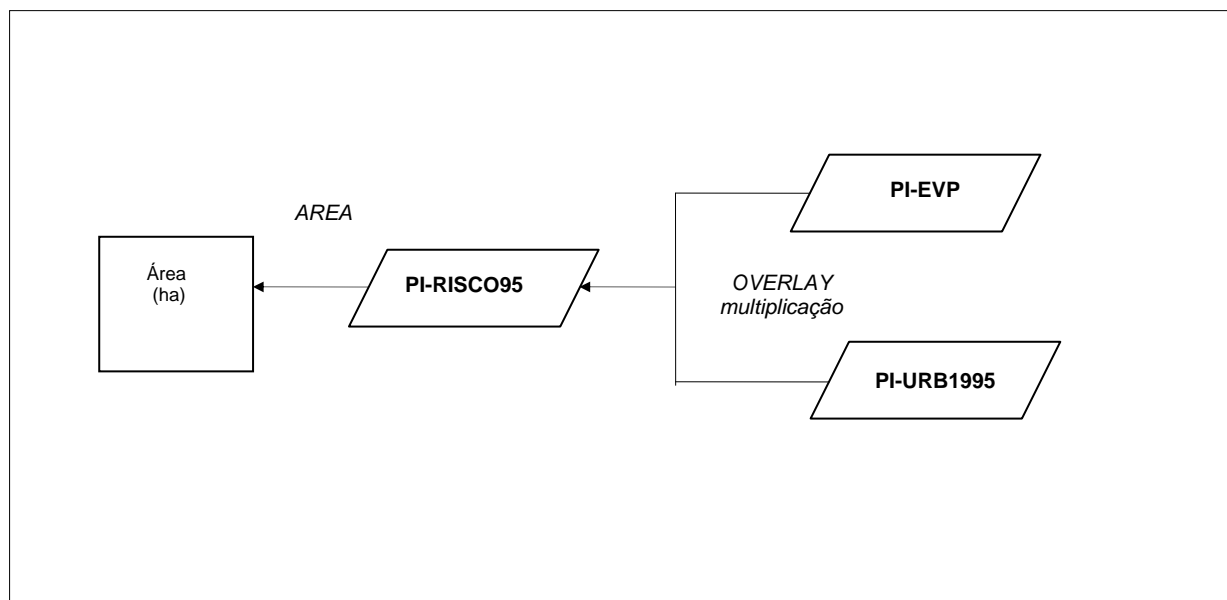
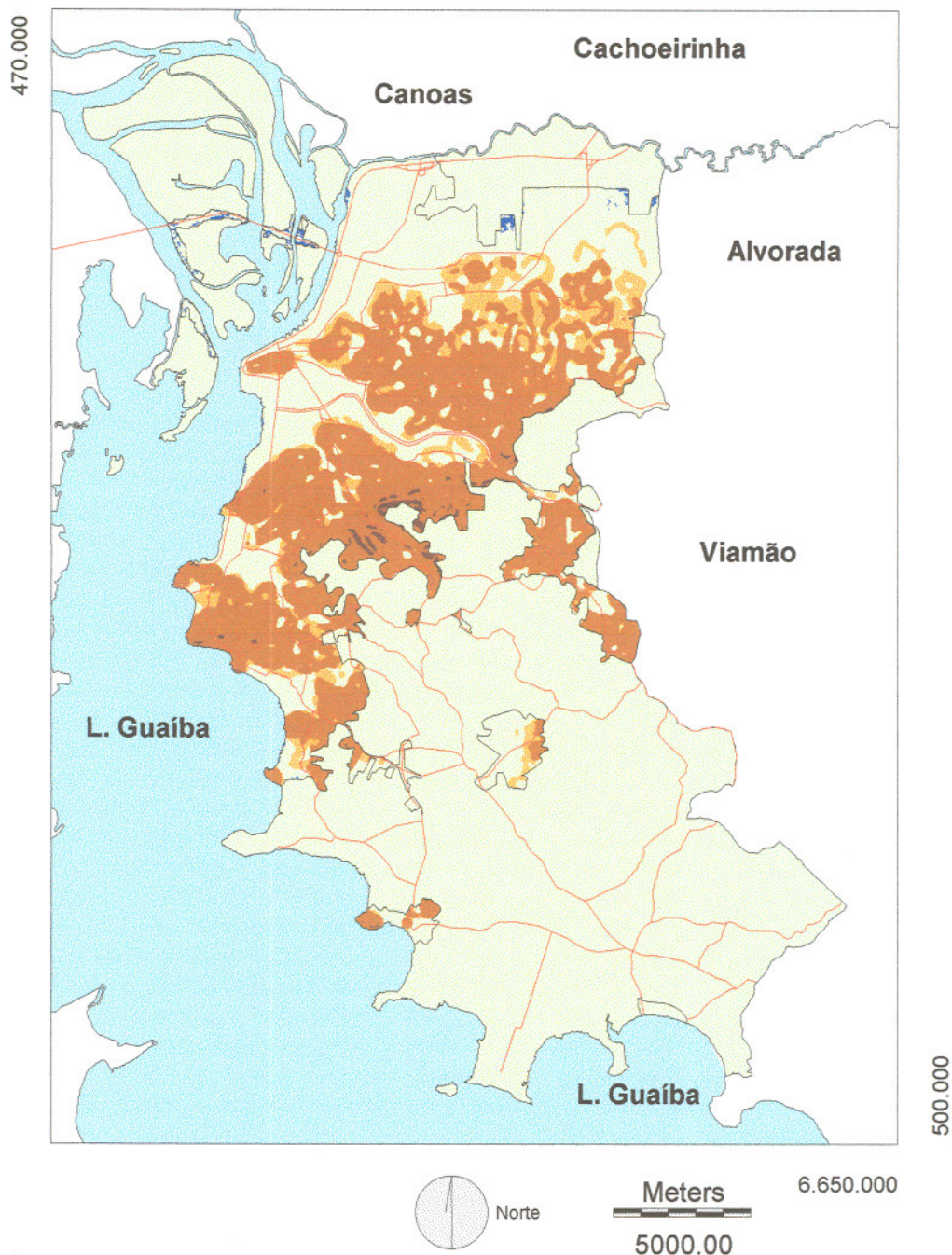


Figura 13.5 - Modelo cartográfico para a determinação do PI-RISCO95.



**Legenda**





-  Áreas sujeitas à inundação
-  Áreas com erosão laminar potencial alta
-  Áreas com erosão laminar potencial muito alta
-  Áreas com erosão laminar potencial muito alta e declividades > 30%

Figura 13.6 - PI-RISCO 95, mostrando a distribuição espacial das áreas de risco consideradas para o município de Porto Alegre (RS) no ano de 1995, com a sobreposição do sistema viário principal e do contorno da mancha urbana na mesma data.

Tabela 13.4 - Quantificação do PI-RISCO95 para o município de Porto Alegre (RS)

ID_CLASSE	EVENTOS PERIGOSOS CONSIDERADOS	ÁREA	% DA ÁREA DE RISCO	% DA ÁREA TOTAL DO MUNICÍPIO
1	Áreas sujeitas à inundação	94,59	0,84	0,20
2	Áreas com erosão potencial laminar alta	1.993,95	17,76	4,17
3	Áreas com erosão potencial laminar muito alta	8.962,02	79,84	18,76
4	Áreas com erosão potencial laminar muito alta e declividades maiores do que 30%	174,96	1,56	0,37
TOTAL		11.225,52	100,00	23,50

### 13.5 – ANÁLISE DO MEIO FÍSICO DE UMA SUB-ÁREA NA REGIÃO DE ESTUDO

A partir das informações armazenadas nos PIs originais, derivados e associados é possível a análise do meio físico de uma sub-área pertencente à área de estudo. Essa sub-área de interesse pode constituir um distrito, um bairro, uma zona ou mesmo uma determinada classe de um plano de informação temático.

Para a área teste, foram realizados inúmeros cruzamentos dessa natureza, principalmente envolvendo mapas do meio físico e o PI-UNGEOS, com o objetivo de obter novas informações a respeito de cada unidade geotécnica estimada e abastecer o banco de dados geotécnicos. No entanto, a título de ilustração da potencialidade da metodologia, foi escolhida também para a análise uma sub-área da área teste, referente ao bairro Lami, localizado na zona sul do município de Porto Alegre (RS). Essa área está representada no PI original denominado PI-BAIR76 (Figura 9.15, Capítulo 9), gerado pela individualização dos limites vetoriais do bairro constantes no PI-BAIRROS (Figura 9.14) e posterior rasterização do arquivo vetorial no IDRISI®.

A partir da aplicação da operação lógica *AND* (*interseção*), do módulo *OVERLAY*, menu *ANALYSIS*, *MATHEMATICAL OPERATORS*, disponível no IDRISI®, foram então integradas as informações referentes à superfície do bairro Lami com mapas do meio físico armazenados em vários planos de informações originais, derivados e associados. O resultado dessa integração de dados resultou nos planos de informações associados mostrados nas figuras 13.7 a 13.15, cujas áreas estão quantificadas nas tabelas 13.5 a a 13.15.

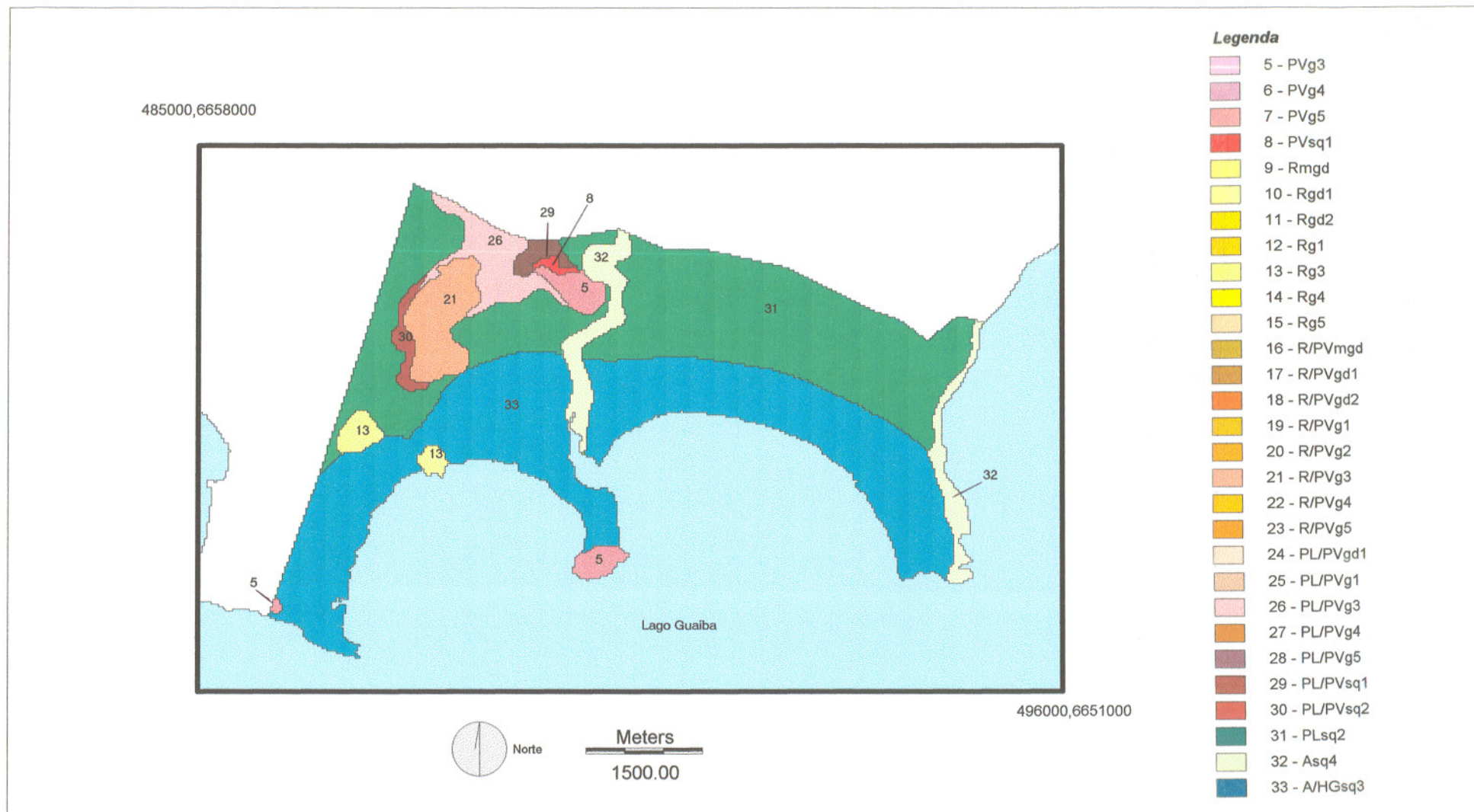


Figura 13.7 - Unidades geotécnicas estimadas para o bairro Lami, PI-B76UG.



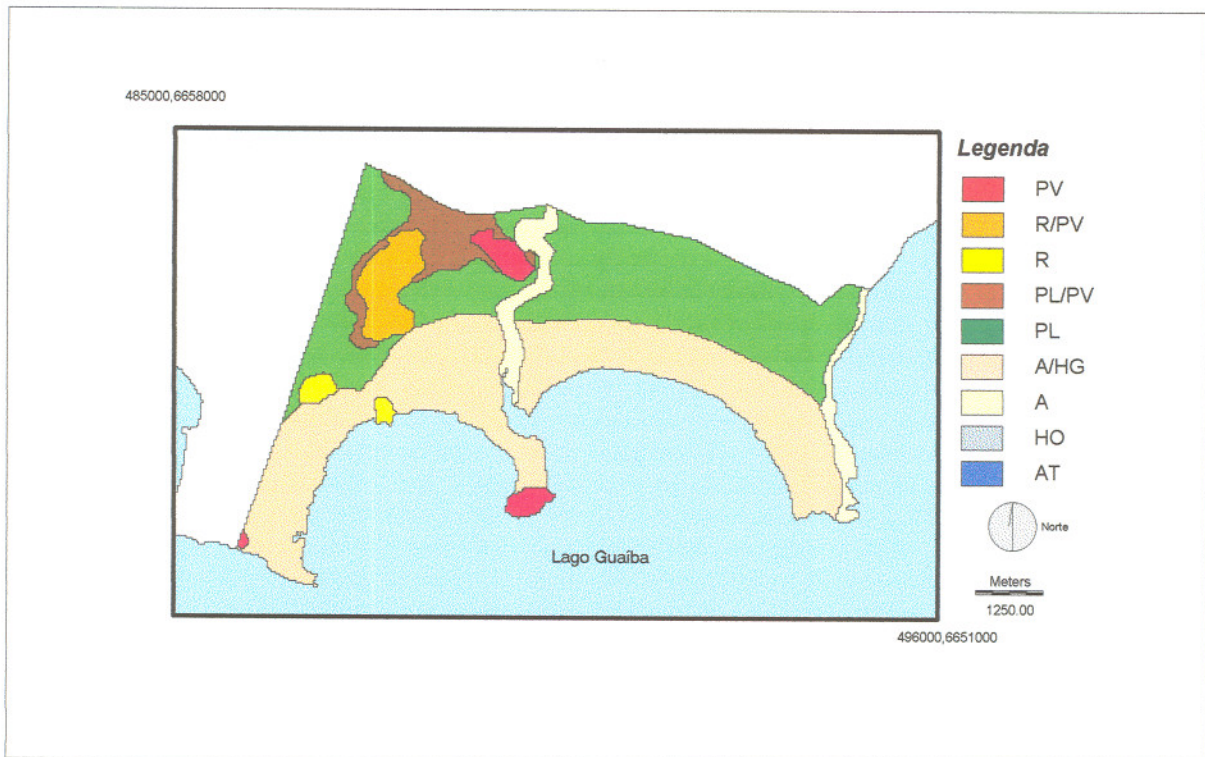


Figura 13.8 - Unidades de solos mapeadas no bairro Lami, PI-B76SOLO.

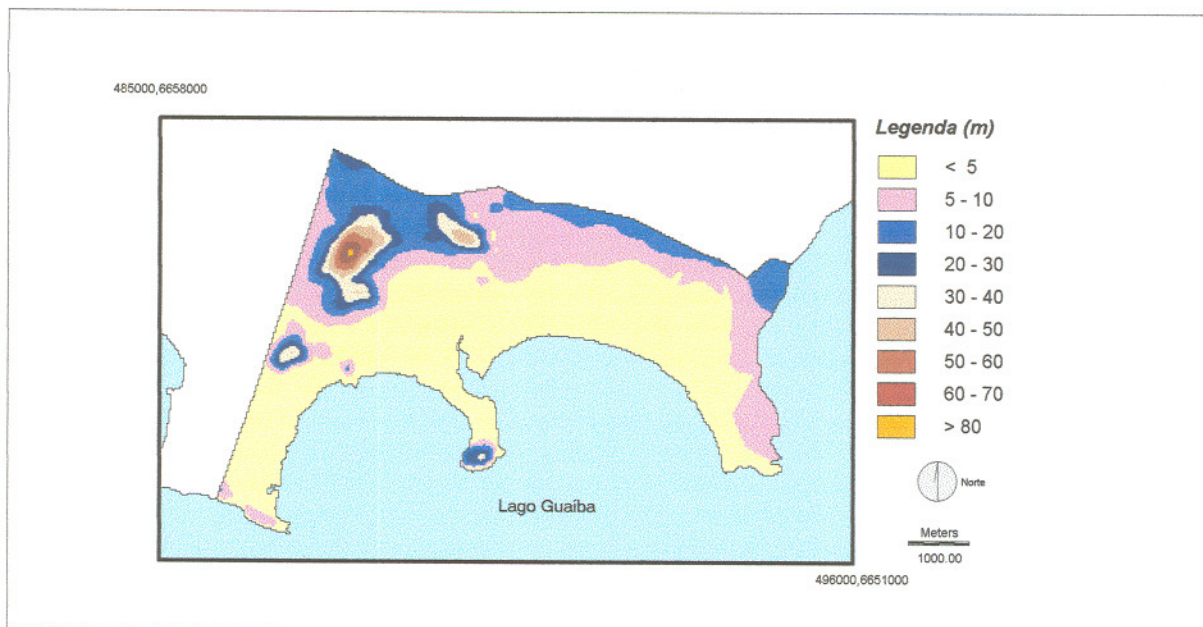


Figura 13.9 - Fatiamento do MDT para o bairro Lami, PI-B76MDTF.

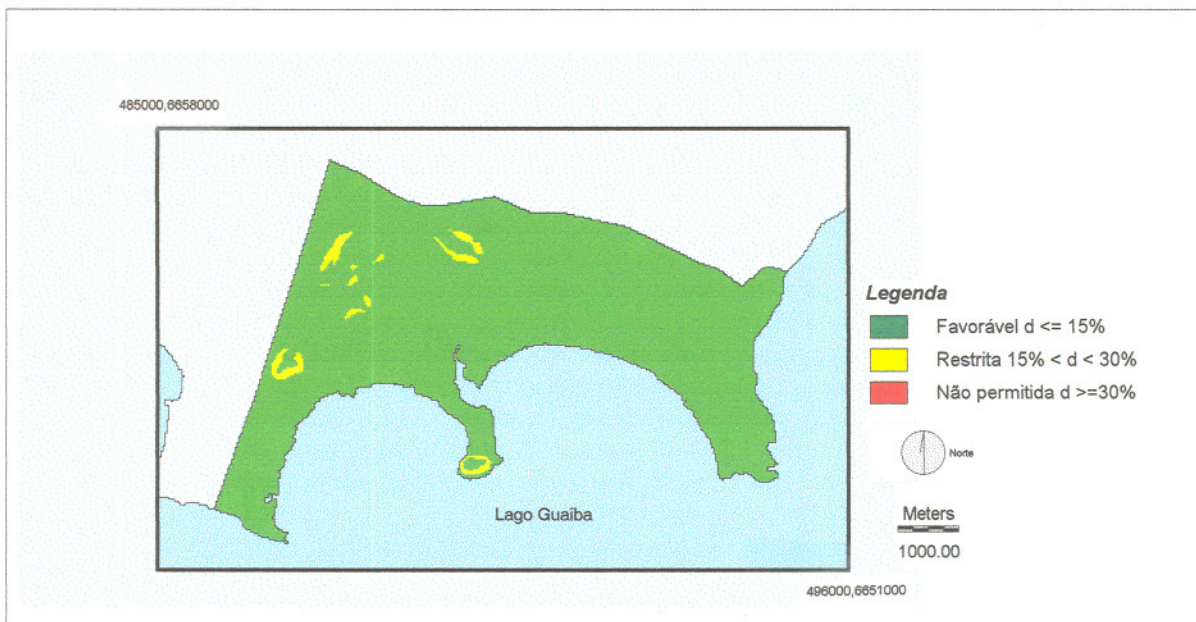


Figura 13.10 - Áreas com isodeclividades 2 para a análise da ocupação urbana em função das declividades no bairro Lami, PI-B76ISO2

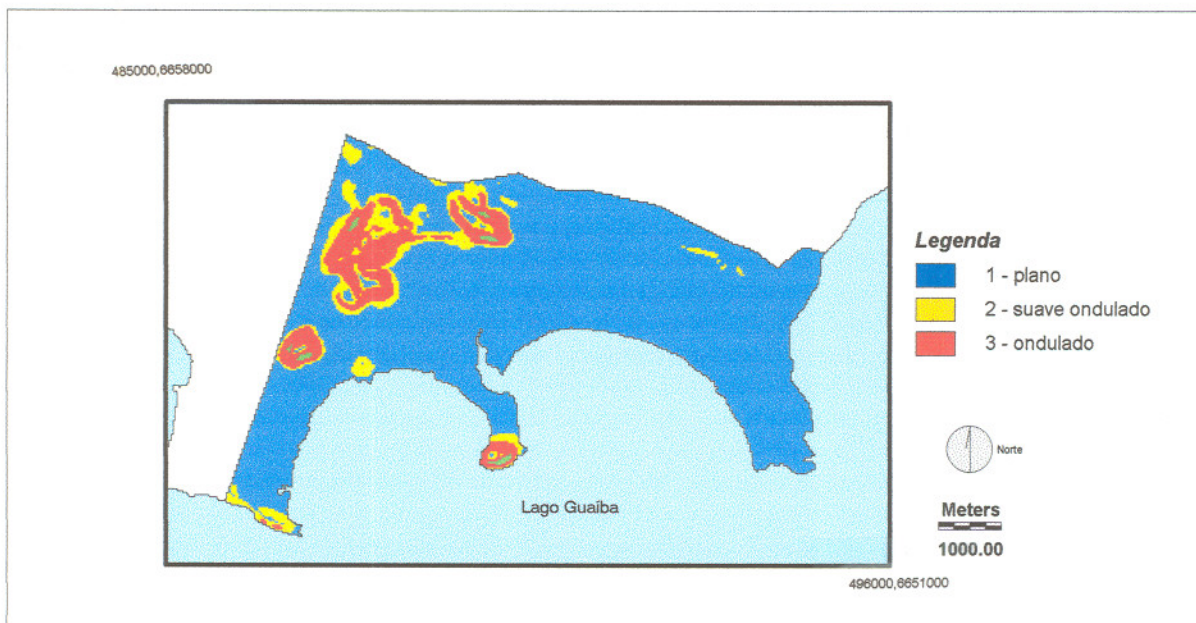


Figura 13.11 - Tipos de relevo identificados no bairro Lami - PI-B76REL.



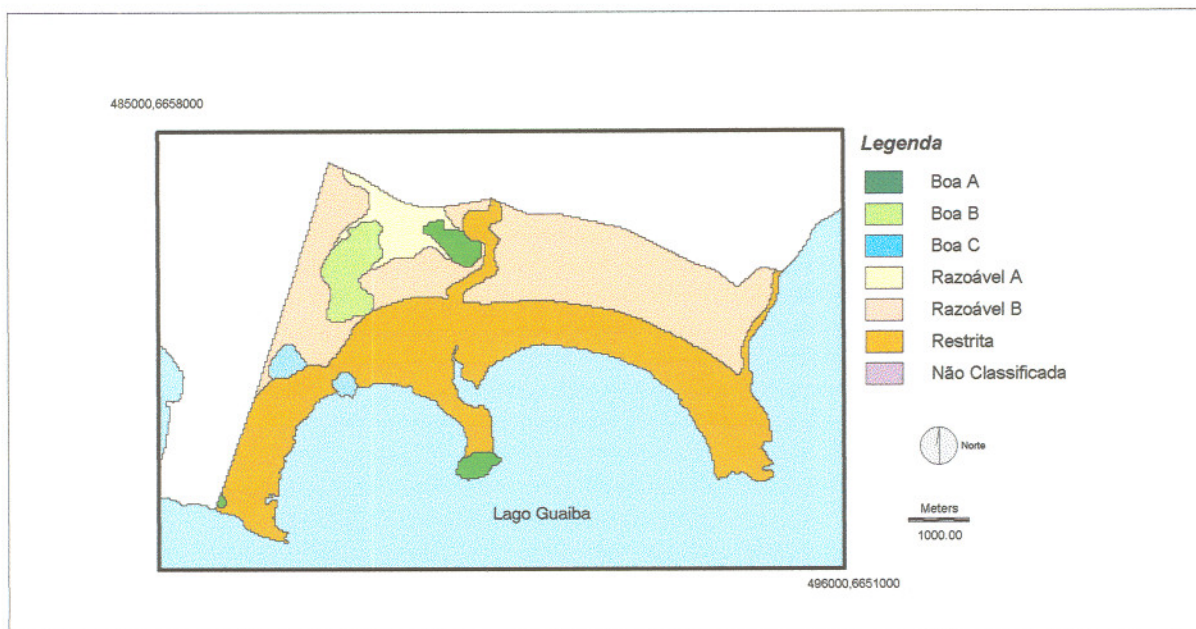


Figura 13.12 - Aptidão do solo para fundações no bairro Lami, PI-B76FUND.

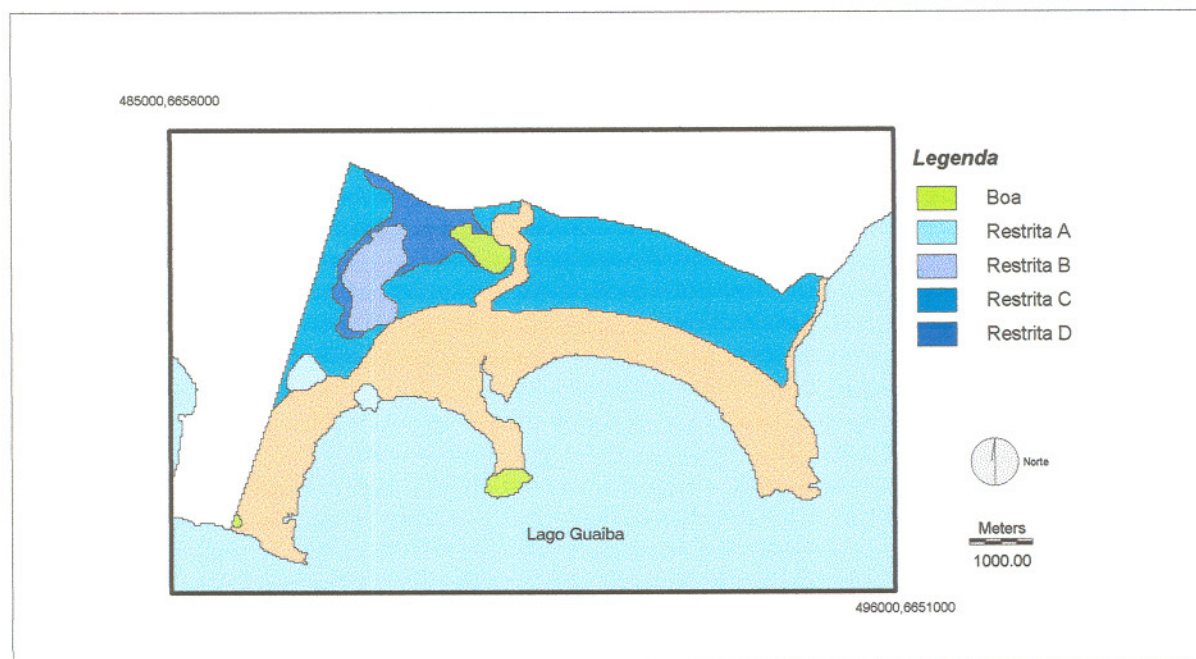


Figura 13.13 - Aptidão do solo para a disposição de resíduos no bairro Lami, PI-B76RES.

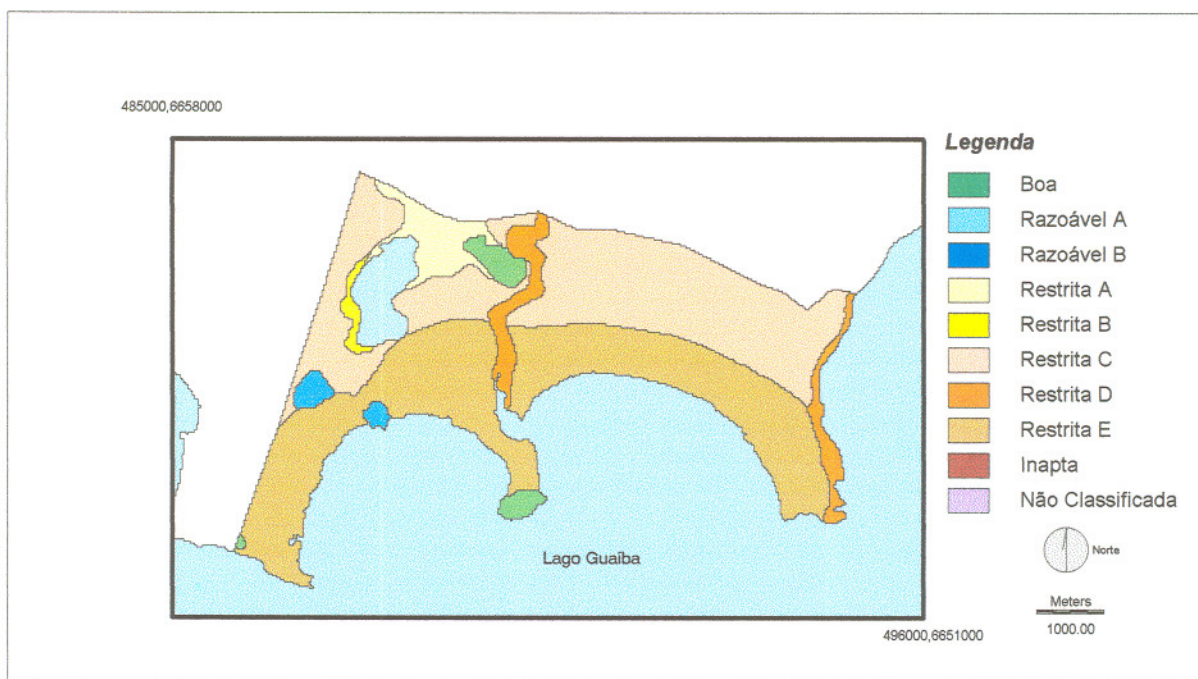


Figura 13.14 - Aptidão do solo para a ocupação urbana no bairro Lami, PI-B76URB.

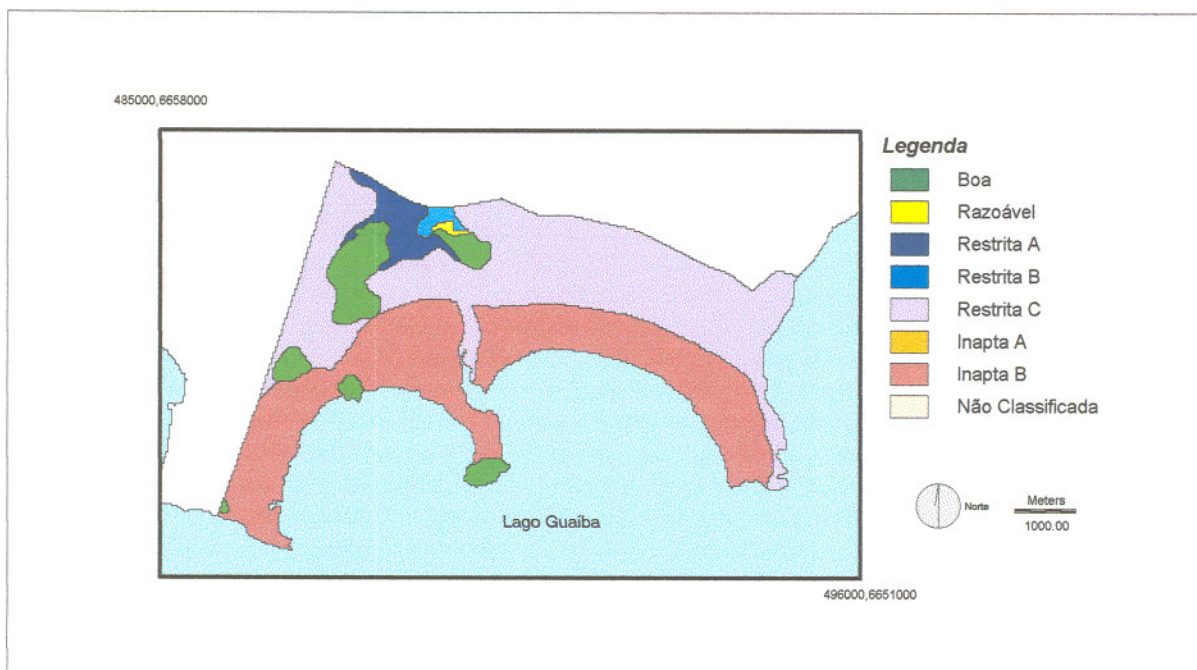


Figura 13.15 - Aptidão do solo como material de aterro e pavimentação no bairro Lami, PI-B76ATPAV



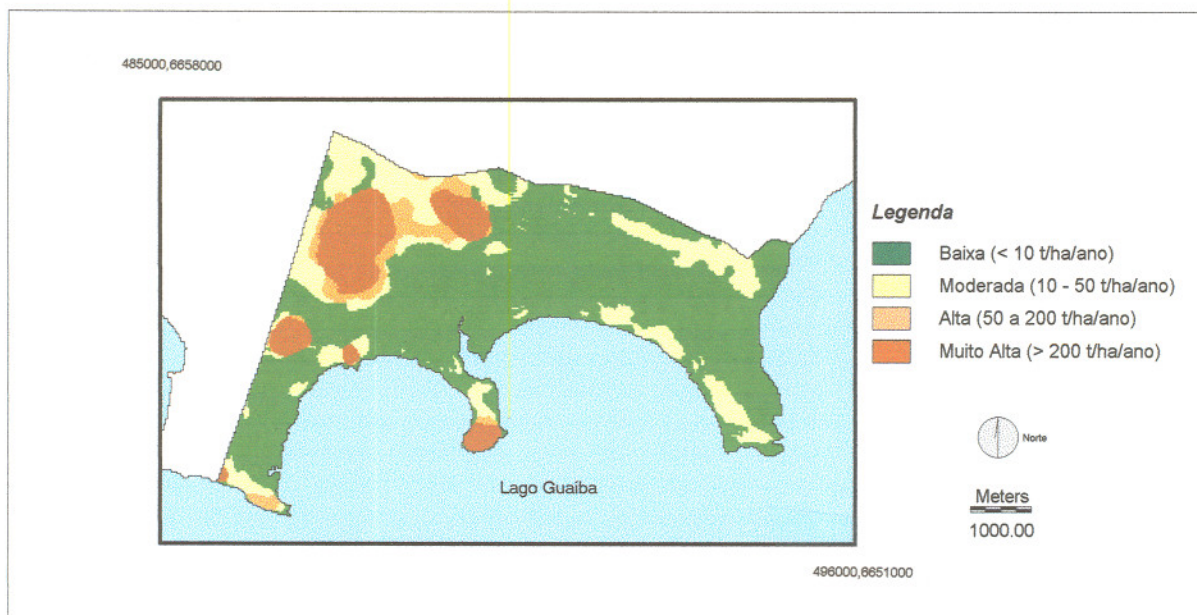


Figura 13.16 - Mapeamento da suscetibilidade potencial à erosão laminar no bairro Lami, PI-B76EROSÃO.

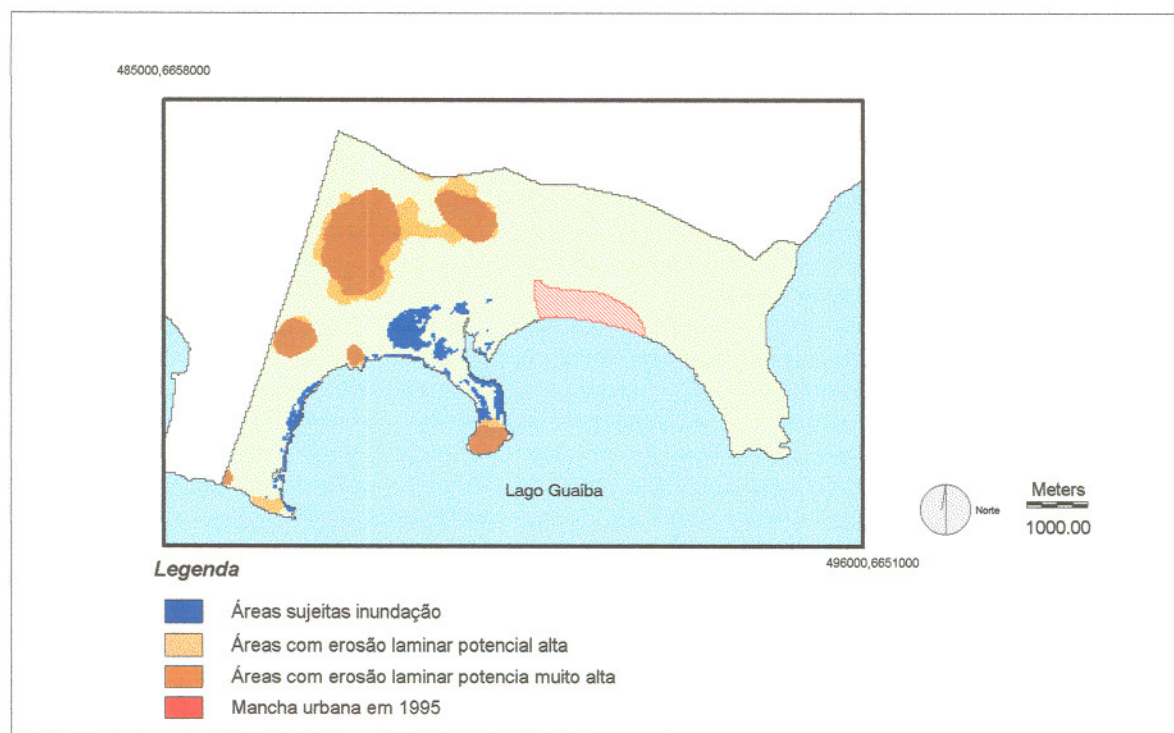


Figura 13.17 - Mancha urbana existente no bairro Lami em 1995 sobreposta ao mapeamento das áreas de eventos perigosos, PI-EVP.

Tabela 13.5 - Quantificação das unidades geotécnicas estimadas no bairro Lami, POA (RS)

ID_UNGEO	SIGLA	ÁREA	%
5	PVg3	52,83	2,26
8	PVsq1	6,3	0,27
13	Rg3	33,84	1,45
21	R/PVg3	102,15	4,37
26	PL/PVg3	87,48	3,74
29	PL/PVsq1	18,81	0,80
30	PL/PVsq2	22,5	0,96
31	PLsq2	917,10	39,19
32	Asq4	134,19	5,74
33	A/HGsq4	964,62	41,23
TOTAL		2.339,82	100,00

Tabela 13.6 - Quantificação das unidades de solos para o bairro Lami, POA (RS)

CLASSE	SIGLA	UNIDADE DE SOLO	ÁREA (ha)	%
1	PV	Podzólico Vermelho-Amarelo	57,42	2,45
2	R/PV	Associação de Solos Litólicos e Podzólico Vermelho - Amarelo	101,79	4,35
3	R	Solos Litólicos	27,18	1,16
4	PL/PV	Associação de Planossolo e Podzólico Vermelho - Amarelo	131,13	5,60
5	PL	Planossolo	921,78	39,40
6	A/HG	Associação de Solos Aluviais e Glei Húmico	966,6	41,31
7	A	Solos Aluviais	133,92	5,72
		TOTAL	2.339,82	100,00

Tabela 13.7 - Quantificação das áreas do modelo digital do terreno fatiado para o bairro Lami, POA (RS)

ID_CLASSE	INTERVALOS DE ALTITUDE(m)	ÁREA (ha)	%
1	< 5	1245,69	53,24
2	5 - 10	562,86	24,06
3	10 - 20	336,24	14,37
4	20 - 30	86,76	3,71
5	30 - 40	58,32	2,49
6	40 - 50	27,72	1,18
7	50 - 60	14,13	0,60
8	60 - 70	7,2	0,31
9	80 - 90	0,9	0,04
Total		2.339,82	100,00

Tabela 13.8 - Quantificação das áreas com isodeclividades 2 no bairro Lami, POA (RS)

ID_CLASSE	INTERVALOS DE ISODECLIVIDADES 2	ÁREA (ha)	%
1	d < = 15%	2289,60	97,85
2	15% < d < 30%	50,22	2,15
	Total	2.339,82	100,00

Tabela 13.9 - Quantificação das classes de relevo para o bairro Lami, POA (RS)

ID_Classe	Descrição	Área (ha)	%
1	Plano	1.970,28	84,21
2	Suavemente Ondulado	180,63	7,72
3	Ondulado	180	7,69
4	Forte Ondulado	8,91	0,38
Total		2.339,82	100,00

Tabela 13.10 - Quantificação da aptidão do solo para fundações no bairro Lami, POA (RS)

ID_CLASSE	CLASSE DE APTIDÃO	ÁREA (ha)	%
1	Boa A	59,13	2,53
2	Boa B	102,15	4,37
3	Boa C	33,84	1,45
4	Razoável A	106,29	4,54
5	Razoável B	939,51	40,15
6	Restrita	1.098,9	46,97
TOTAL		2.339,82	100,00

Tabela 13.11 - Quantificação das classes de aptidão do solo à disposição de resíduos no bairro Lami - POA(RS)

ID_CLASSE	CLASSE DE APTIDÃO	ÁREA (ha)	%
1	Boa	59,13	2,53
2	Restrita A	33,84	1,45
3	Restrita B	102,15	4,37
4	Restrita C	917,01	39,19
5	Restrita D	128,79	5,50
6	Inapta	1.098,9	46,97
TOTAL		2.339,82	100,00

Tabela 13.12 - Quantificação das áreas referentes à aptidão do solo como material de aterro e pavimentação no bairro Lami, POA(RS)

ID_CLASSE	CLASSE DE APTIDÃO	ÁREA (ha)	%
1	Boa	188,82	8,07
2	Razoável	6,3	0,27
3	Restrita A	87,48	3,74
4	Restrita B	18,81	0,80
5	Restrita C	1.073,7	45,89
6	Inapta A	0,09	0,00
7	Inapta B	964,62	41,23
TOTAL		2.339,82	100,00



Tabela 13.13 - Quantificação das classes de aptidão do solo à ocupação urbana no bairro Lami - POA(RS)

ID_CLASSE	CLASSE DE APTIDÃO	ÁREA (ha)	%
1	Boa	59,13	2,53
2	RazoávelA	102,15	4,37
3	Razoável B	33,84	1,45
4	Restrita A	106,29	4,54
5	Restrita B	22,5	0,96
6	Restrita C	917,01	39,19
7	Restrita D	134,28	5,74
8	Restrita E	964,62	41,23
TOTAL		2.339,82	100,00

Tabela 13.14 - Quantificação das áreas referentes à suscetibilidade potencial à erosão laminar no bairro Lami, POA (RS)

ID_CLASSE	GRAU DE EROSÃO	ÁREA	%
1	Baixa	1.516,23	64,80
2	Moderada	461,79	19,74
3	Alta	105,57	4,51
4	Muito alta	256,23	10,95
TOTAL		2.339,82	100,00

Tabela 13.15 - Quantificação das áreas consideradas de eventos perigosos no bairro Lami, POA (RS)

ID_CLASSE	EVENTOS PERIGOSOS CONSIDERADOS	ÁREA	% DA ÁREA TOTAL DO BAIRRO
1	Áreas sujeitas à inundação	89.19	3.81
2	Áreas com erosão potencial laminar alta	105.57	4.51
3	Áreas com erosão potencial laminar muito alta	256.23	10.95
TOTAL		450,99	19.27

### 13.6 - IDENTIFICAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS DO MEIO FÍSICO NOS FUROS DE SONDAGEM SPT

A identificação de características do meio físico, no local correspondente aos furos de sondagem SPT (*Standart Penetration Test*), tem por finalidade a complementação das informações existente no banco de dados geotécnicos, estruturado de acordo com os procedimentos descritos na Etapa 5 da metodologia (Capítulo 7).

Essas novas informações são obtidas pela classificação visual de uma composição de mapas (item 9.1.1, Capítulo 9), realizada no IDRISI<sup>®</sup>, e que associa, nesse caso, dois planos de informação: um PI base, com a imagem temática de interesse no formato raster, e um PI vetorial, com a localização dos pontos de sondagem SPT. Podem ser sobrepostos também planos vetoriais de texto com o objetivo de facilitar o reconhecimento das feições armazenadas em ambas as imagens.

Na área teste, para cada furo de sondagem obtido a partir de Azevedo (1990), foram identificadas a unidade litológica e a unidade geotécnica correspondentes. Esses dados foram em seguida armazenados na tabela N6.2s do banco de dados geotécnicos.

A figura 3.18 ilustra a composição de mapas com a sobreposição do PI-SPT ao PI-UNGEOS. Na referida figura, estão evidenciadas as unidades geotécnicas estimadas na área teste e a localização de cada furo de sondagem, facilmente reconhecidos no computador por meio dos seus respectivos identificadores de feição (ID\_SPT), constantes na tabela N6 “Sondagem à Percussão SPT” do banco de dados geotécnicos.

A figura 3.19 mostra um detalhe da unidade geotécnica Rgd1 (ID=10), destacando alguns furos de sondagem SPT (pertencentes ao Corte 7 e identificados pela letra G), seus identificadores de feição e uma vista parcial da tabela N6.2s do banco de dados geotécnico com as informações correspondentes para o município de Porto Alegre (RS).

A figura 3.20 representa uma composição de mapas com o PI-SPT associado ao PI-LITO, utilizada para a identificação da unidade litológica em cada furo de sondagem utilizado nesse trabalho.

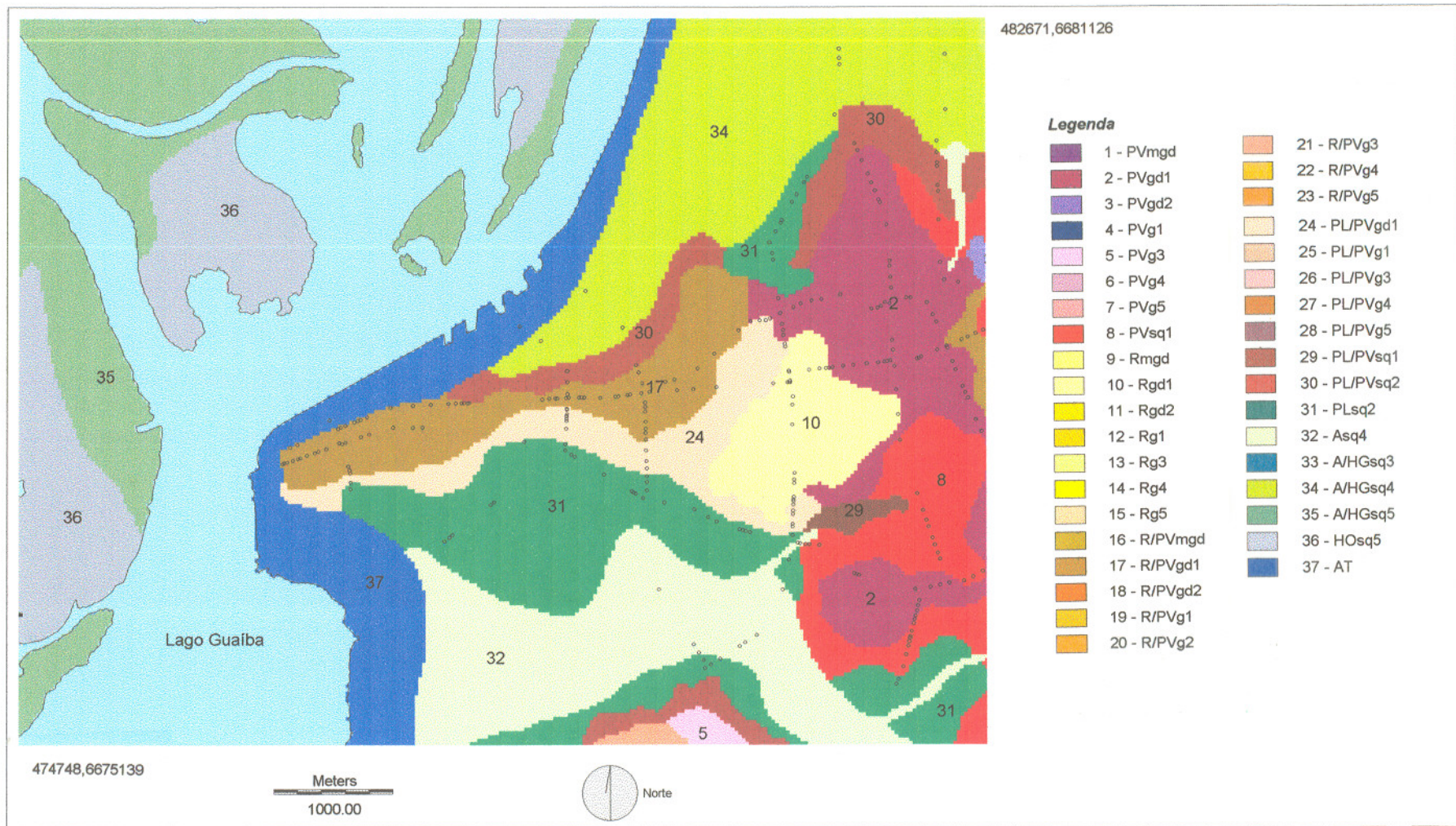
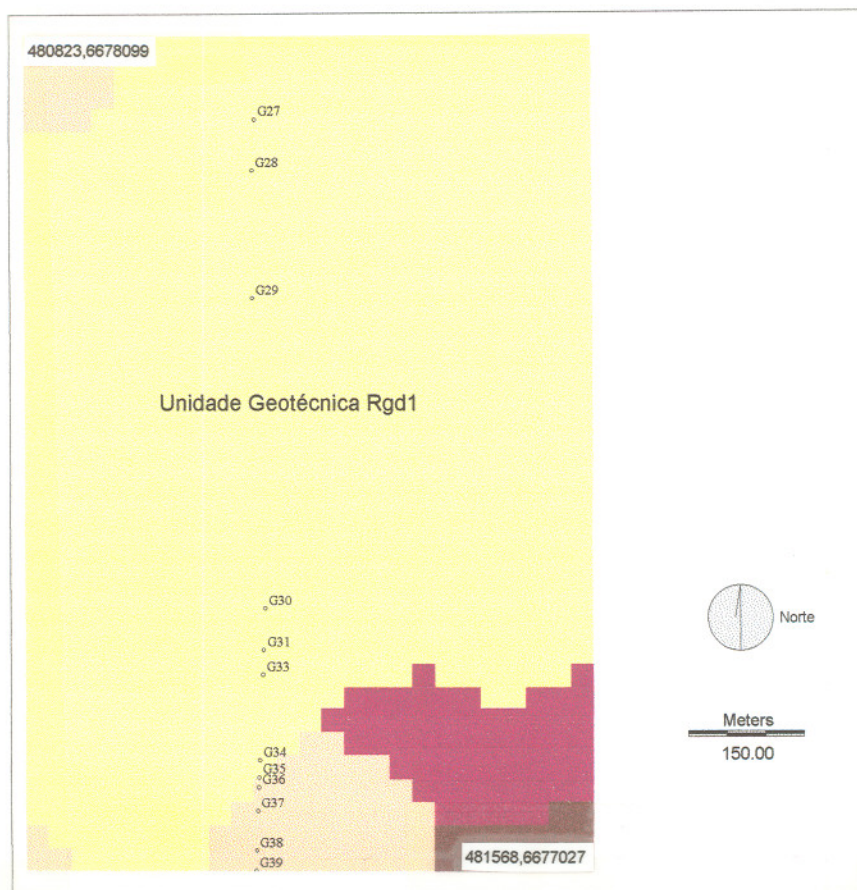


Figura 13.18 - Composição de mapas com a sobreposição do PI-SPT ao plano de informação estimativa das unidades geotécnicas (PI-UNGEOS).





ID_SPT	Sond	ID_lito1	ID_UNG4	Cota(m)
228	G27	5	10	0.5
229	G28	5	10	-1.48
230	G29	5	10	0.01
231	G30	5	10	-0.68
232	G31	5	10	-0.13
233	G33	5	10	0
234	G34	5	10	-1
235	G35	5	10	-1.6
236	G36	5	24	0.8
237	G37	5	24	-0.82
238	G38	5	24	-1.3
239	G39	5	24	-1.5
240	G40	5	24	2.3
241	G41	5	24	4

Figura 13.19 - Detalhe da unidade geotécnica Rgd1 (ID=10), exemplificando alguns furos de sondagem SPT, seus identificadores de feição e uma vista parcial da tabela N62s, do banco de dados geotécnicos para a área teste.



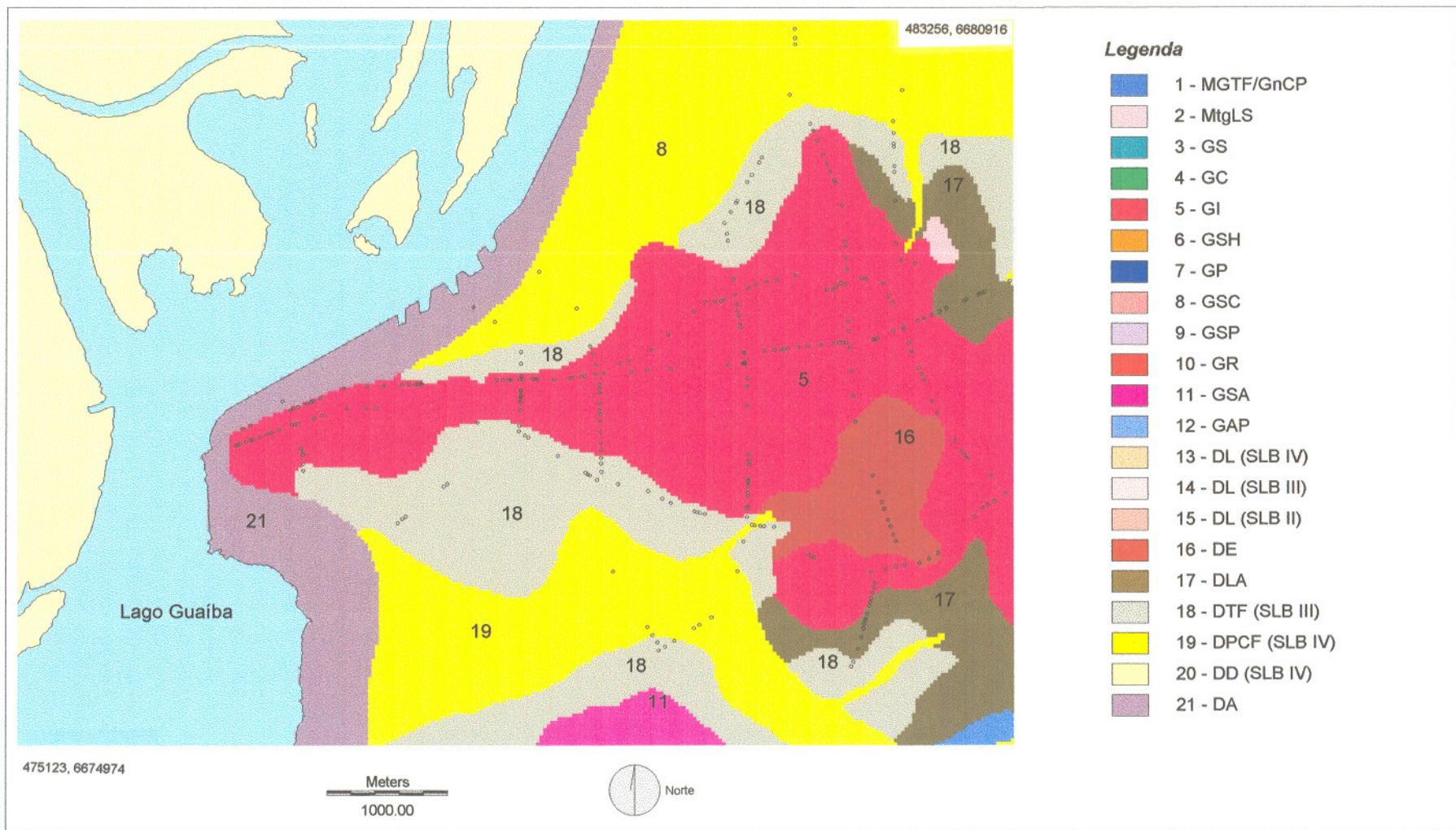


Figura 13.20 - Composição de mapas com a sobreposição do PI-SPT ao plano de informação unidades litológicas (PI-LITO).

### 13.7 - INTEGRAÇÃO DA IMAGEM EM PERSPECTIVA DO MODELO DIGITAL DO TERRENO COM IMAGENS DE COBERTURA DA ÁREA TESTE

Os planos de informações desenvolvidos ao longo da metodologia foram representados em projeção ortogonal (French & Vierck, 1989), com a vantagem de permitirem a visualização, praticamente sem distorções, de todas as regiões da área de estudo.

No entanto, a maioria dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) possuem recursos para representação de dados em perspectiva isométrica, onde o atributo  $z$ , associado a posição  $x,y$ , é representado por meio de um terceiro eixo  $z$ , criando uma superfície sem espessura e visualizada como se estivesse no espaço de três dimensões. Trata-se de um recurso que permite, por exemplo, representar o relevo da área de estudo em perspectiva, possibilitando um resultado visual mais convincente da região no computador (Weibel & Heller, 1991). Cabe lembrar, entretanto, conforme lembram Kelk & Raper (1991), que esse tipo de visualização, muitas vezes denominada 3D (em três dimensões), é somente uma forma de visualizar o atributo associado a um ponto de uma determinada superfície e, por isso, limitada pelo armazenamento original dos dados em duas dimensões (2D).

A representação em perspectiva do modelo digital do terreno (MDT), conforme salienta Mendes (1995), é muito útil para o destaque de algumas feições do relevo, pois aproxima-se do aspecto de uma fotografia tradicional, onde a posição da câmara fotográfica corresponde à posição do observador. Nesse sentido, um outro recurso usualmente utilizado é o exagero vertical do relevo (Aronoff, 1991). Essa operação enfatiza determinadas feições do relevo, proporcionando um efeito impossível de ser obtido nas imagens em projeção ortogonal tradicional. As imagens em perspectiva podem, ainda, ser associadas a outros planos de informações temáticos ou a imagens de satélites, denominadas **imagens de cobertura** (Eastman, 1995).

Para o município de Porto Alegre foi gerada inicialmente no IDRISI<sup>®</sup>, por meio do módulo *ORTHO*, uma imagem que simula a perspectiva do relevo sob o efeito da iluminação solar (Figura 13.21) e que resultou da associação do modelo digital do terreno (PI-MDT) com a imagem do relevo sombreado mostrada na figura 9.10, Capítulo 9.

Em seguida, foram geradas as imagens mostradas nas figuras 13.22 a 13.25.

A perspectiva representada na figura 13.22 facilitou a visualização dos resultados obtidos para o fator topográfico (item 10.9, Capítulo 10). Observa-se, na referida figura, que as regiões da área teste com fator LS classificado como alto estão localizadas nas encostas

dos morros onde ocorrem declividades mais elevadas, enquanto as áreas com fator LS considerado nulo encontram-se nos topos dos morros e nas zonas de relevo praticamente plano.

A figura 13.23 mostra, também em perspectiva isométrica, o plano de informação referente aos eventos perigosos mapeados no município de Porto Alegre (RS), associado na forma de uma imagem de cobertura ao modelo digital do terreno (PI-MDT).

A figura 13.24 apresenta uma visão em “três dimensões” das unidades geotécnicas estimadas para a área teste. O relevo nessa figura está representado com fator de exagero vertical igual a 1, enquanto nas demais o fator utilizado foi 0,3.

Finalmente, a figura 13.25, mostra a perspectiva ortográfica da sobreposição da composição colorida 3B, 4G e 5R da imagem LANDSAT/TM5 de novembro de 1995 com o modelo digital do terreno. A mancha urbana referente ao município e a grande parte da região metropolitana de Porto Alegre (RS) está representada nessa imagem pela cor magenta.



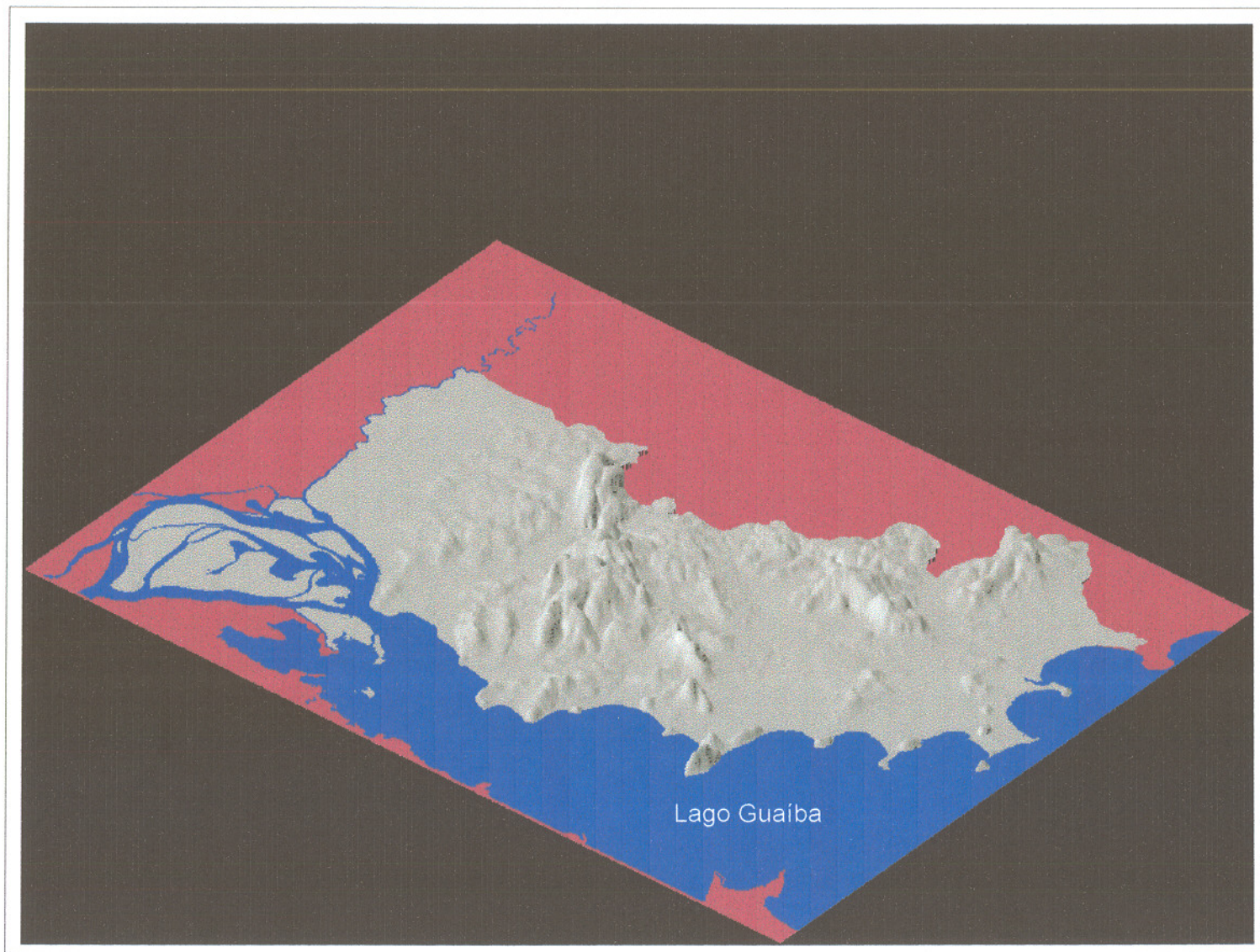


Figura 13.21 - Perspectiva do relevo sombreado para o município de Porto Alegre (RS) com fator vertical igual a 0.3.



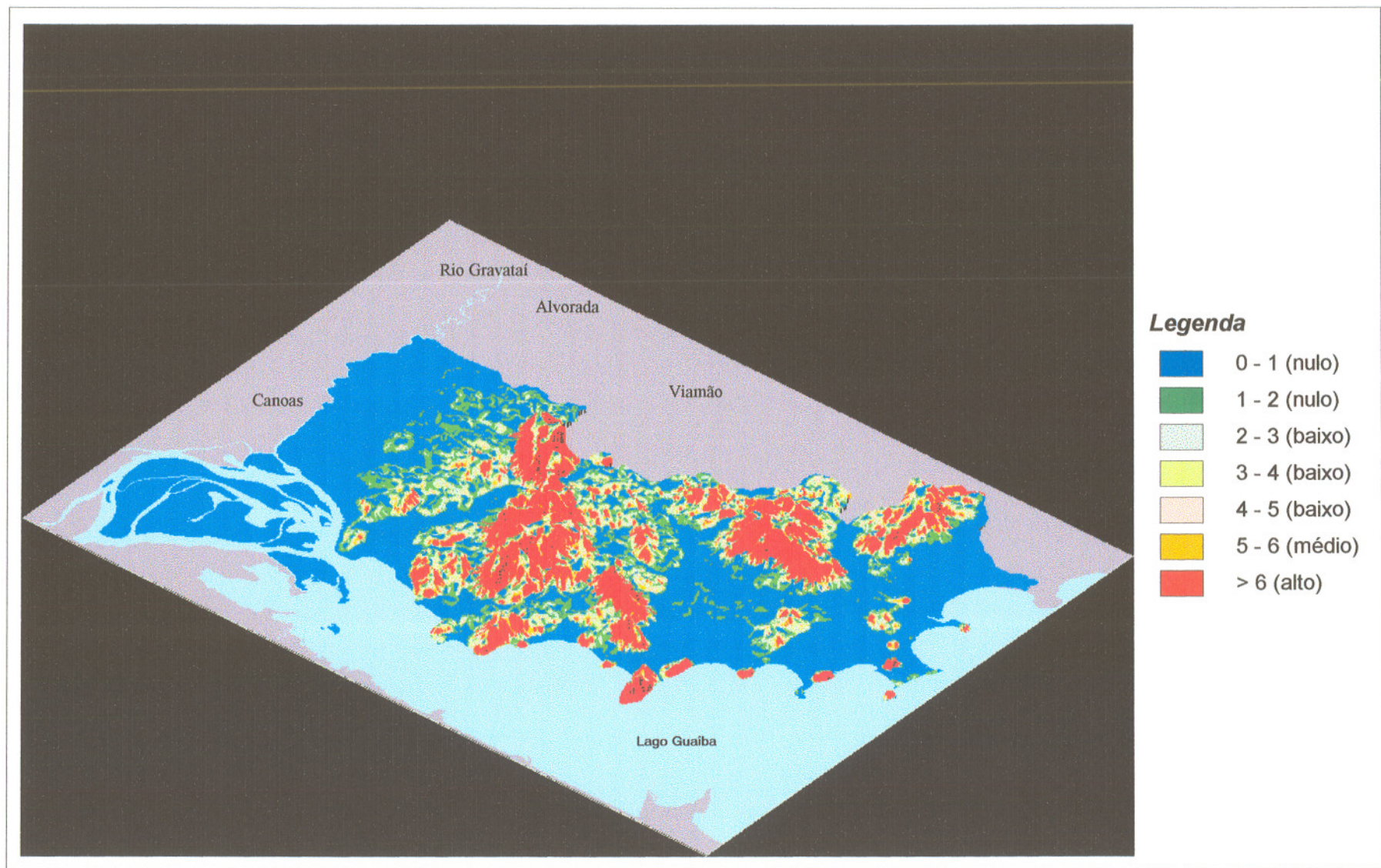


Figura 13.22 - Vista em perspectiva do fator topográfico sobreposto ao relevo (fator vertical igual a 0,3).



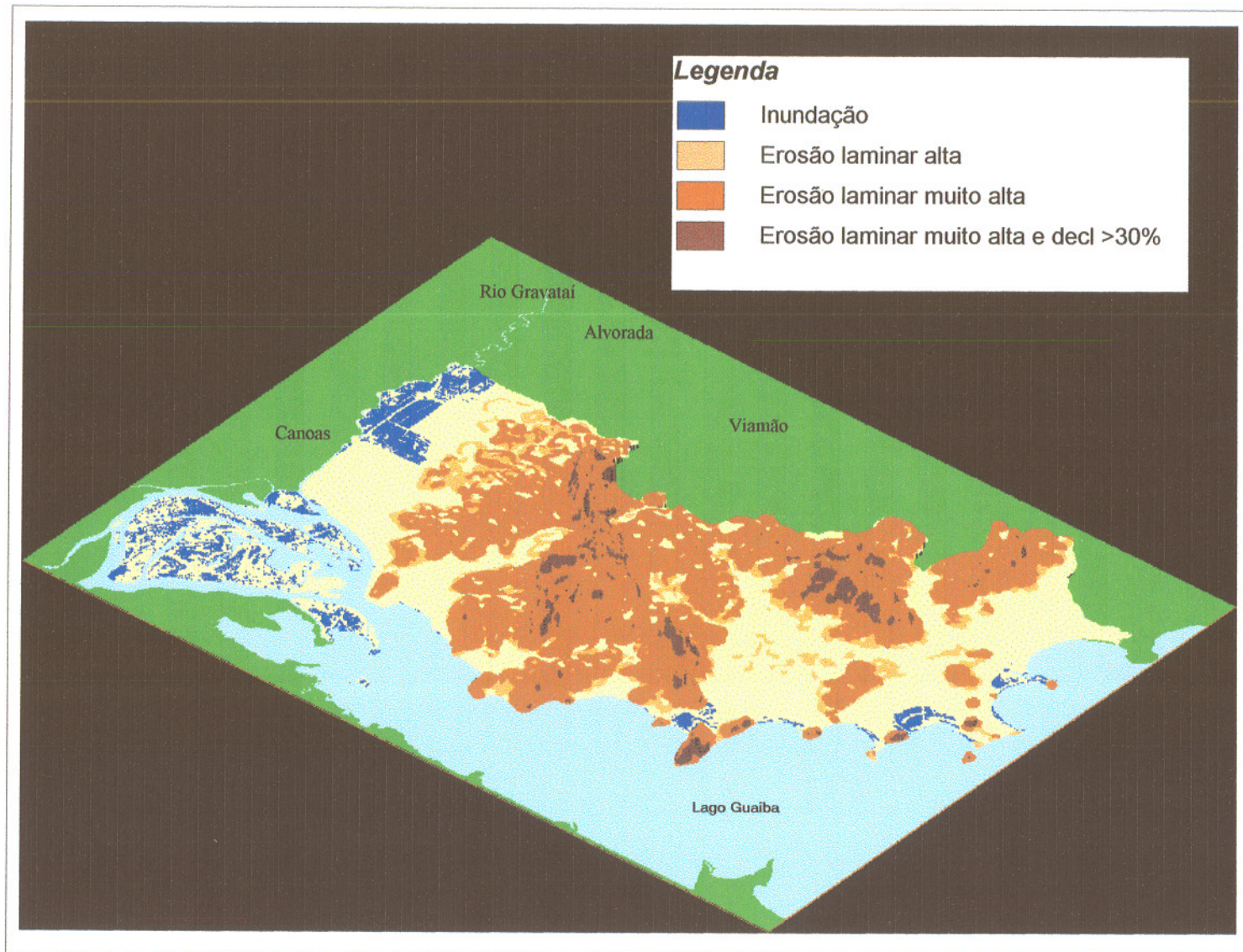


Figura 13.23 - Eventos considerados perigosos sobrepostos ao relevo em perspectiva (fator vertical igual a 0,3).



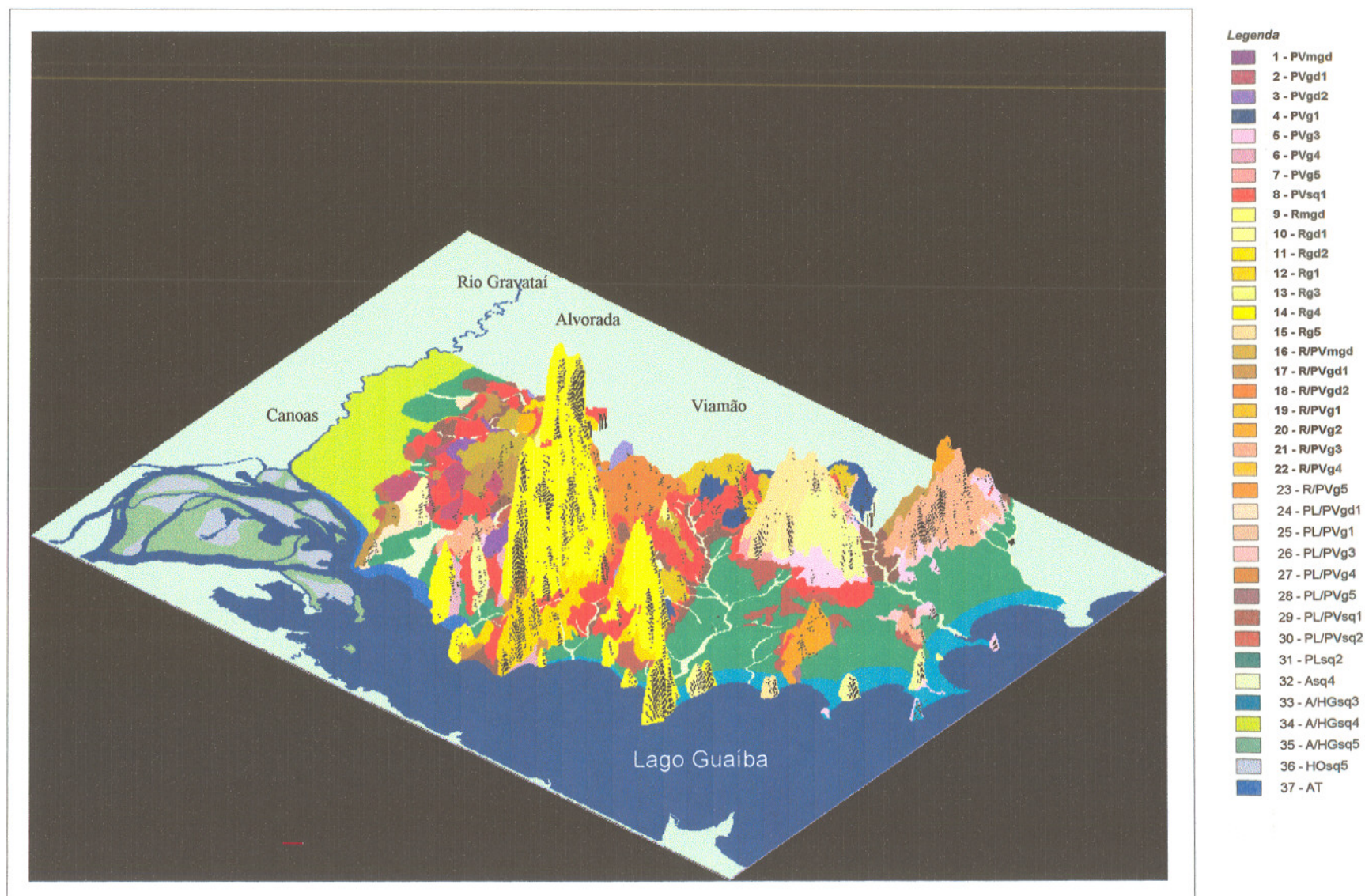


Figura 13.24 - Unidades geotécnicas estimadas para o município de Porto Alegre (RS), sobrepostas ao relevo com fator vertical igual a 1.



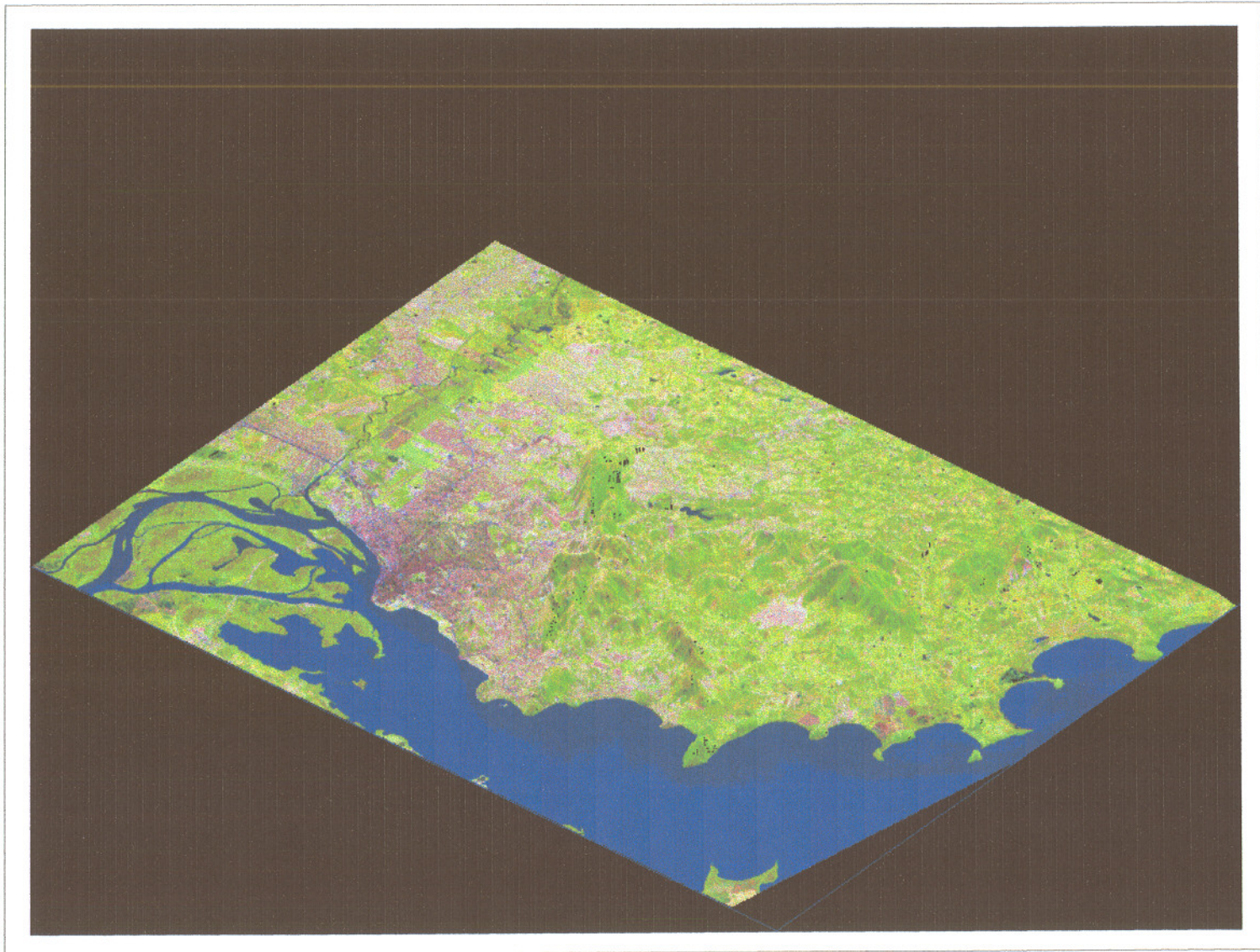


Figura 13.25 - Perspectiva do relevo com a sobreposição da composição colorida 3B, 4G e 5R (imagem LANDSAT/TM5, 11/1995).