Capítulo 9

IMPLEMENTAÇÃO DE TÉCNICAS DE SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS - PIS ORIGINAIS

9.1 – INTRODUÇÃO AO USO DO SIG

9.1.1 O IDRISI e os Planos de Informações Utilizados na Metodologia

Na Etapa 8 da metodologia, denominada Implementação de Técnicas de Sistemas de Informações Geográficas, as informações espacialmente distribuídas, procedentes de diversas fontes e já no formato digital, de acordo com os procedimentos realizados nas etapas anteriores, são armazenadas num sistema de informações geográficas (SIG). Em seguida, esses arquivos digitais são editados e combinados por meio de algorítmos de manipulação, gerando novas informações na forma de mapeamentos derivados conforme modelos pré-estabelecidos.

Nessa tese, o sistema de informações geográficas (SIG) utilizado é o IDRISI@, na versão 2.0 *for Windows*. O IDRISI@ é um sistema destinado ao processamento de imagens e informações geográficas desenvolvido pela Graduate School of Geography, Clark University, que consiste em um programa principal com um menu relativo a uma coleção de módulos de programas para a entrada, visualização e análise de dados geográficos.

Nesse sistema, os dados geográficos são armazenados na forma de *map layers*, isso é, componentes básicos de mapas que descrevem um único tema, como por exemplo, unidades de solos. Um *map layer*, portanto, contém, de forma georreferenciada todas as informações sobre um determinado tema, podendo ser considerado um **plano de informação (PI)**, já definido no Capítulo 2**.** Vários *map layers* podem ser visualizados simultaneamente, constituindo uma composição de mapas (Eastman, 1995) executada por meio do módulo *MAP COMPOSITION*, disponível no IDRISI@. Nessa tese, a maioria das figuras que mostram

os planos de informações gerados estão, na verdade, representadas na forma de composição de mapas, destacando as informações do PI, mas sobrepondo *layers* indispensáveis à compreensão geográfica das mesmas, como por exemplo, o arquivo vetorial com o limite da área teste ou com a denominação dos municípios vizinhos.

Por outro lado, a metodologia proposta classifica os planos de informações (PIs) em originais, derivados ou associados (Tabela 9.1).

Tabela 9.1 - Classificação dos planos de informações utilizados na metodologia

CLASSIFICAÇÃO	EXEMPLO DE PLANO DE INFORMAÇÃO (PI)
Planos de Informações Originais	Unidades litológicas Unidades de solos Modelo digital do terreno (MDT) Rede de drenagem Mancha urbana
Planos de Informações Derivados	Agrupamentos geológico-geotécnicos (1ª ordem) Isodeclividades (2ª ordem) Relevo (2ª ordem) MDT fatiado (1ª ordem)
Plano de Informações Associados	Unidades geotécnicas Aptidões do solo Suscetibilidade à erosão Evolução da mancha urbana

Os **PIs originais** caracterizam-se por armazenarem informações obtidas diretamente das cartas topográficas, dos mapas temáticos, da classificação de imagens orbitais e sub-orbitais ou do processo de modelagem digital do terreno (MDT).

Os **PIs derivados** são aqueles gerados, no computador, pela manipulação de outros PIs por meio de operações como multiplicação por um escalar, fatiamento, reclassificação ou agrupamento de classes. Esses PIs não envolvem, portanto, a combinação de dois ou mais planos de informações no processo de criação da sua imagem.

Os PIs derivados podem ainda ser classificados como de primeira ou segunda ordem. Os PIs derivados de primeira ordem são gerados no ambiente de um sistema de informações

geográficas a partir dos PIs originais. Os PIs derivados de segunda ordem são obtidos por meio da manipulação digital dos planos de informações derivados de primeira ordem. Poderão ainda ocorrer planos de informações derivados de ordem *n*, produzidos pelas operações citadas anteriormente sobre PIs derivados de segunda ou mais ordens, ou ainda sobre PIs associados.

Já os PIs associados resultam da integração das imagens de dois ou mais planos de informações originais, derivados, ou mesmo de PIs associados obtidos previamente.

9.1.2 - Os Modelos Cartográficos

Tanto os PIs derivados quanto os PIs associados são determinados de acordo com **modelos cartográficos,** um recurso normalmente utilizado para a modelagem por meio de SIG. Esses modelos, correspondentes aos modelos lógicos (Peuquet, 1984) descritos no Capítulo 2, têm a finalidade de representar graficamente o uso e a manipulação de funções básicas de SIG, numa sequência lógica, para a solução de problemas complexos, que resultam da análise integrada de fatores múltiplos distribuídos no espaço (Tomlin, 1991). Assim, os modelos cartográficos representam na forma de diagramas, os dados e os procedimentos analíticos usados em um determinado estudo. De acordo com Eastman (1995), esses modelos constituem um recurso de grande importância na organização e na estruturação dos procedimentos a serem implementados num SIG, bem como na identificação dos dados necessários para completá-los. Já Aronoff (1991), destaca que o desenvolvimento dos modelos cartográficos pode ser otimizado se iniciarmos com a definição do produto final desejado, prosseguindo-se em seguida, para trás, etapa por etapa, até alcançarmos os dados existentes.

Por outro lado, para a representação e consistência dos modelos cartográficos é necessário a adoção de uma simbologia apropriada (Figura 9.1). Por isso, nesse trabalho, os arquivos de imagens, que constituem as fontes de informações originais ou as etapas intermediárias de uma determinada análise, são representados por retângulos horizontais. Os arquivos vetoriais, os arquivos de valores e os arquivos com dados tabulares utilizam a simbologia sugerida por Eastman (1995), ou seja, triângulos, elipses e retângulos verticais, respectivamente. Os planos de informações (PIs) são identificados por meio de trapézios e, finalmente, os arquivos de correspondência são simbolizados pela figura geométrica mostrada na figura 9.1.

Cabe destacar aqui, que um arquivo de valor também denominado arquivo de atributo (Eastman, 1995) é um arquivo texto ASCII, contendo a listagem com os novos atributos para os valores de dados originalmente existentes em uma imagem a ser classificada. É um recurso muito empregado durante a Etapa 8 da presente metodologia. Já um arquivo de correspondência, segundo Eastman (1995), é um arquivo texto que contém as coordenadas de pontos específico do terreno, denominados pontos de controle, em dois diferentes sistemas de referência. Segundo o autor, o primeiro conjunto de coordenadas corresponde normalmente a localização dos pontos escolhidos em um sistema arbitrário, isso é, não georreferenciado, enquanto o segundo conjunto, corresponde à localização dos mesmos pontos em um sistema georreferenciado.

Finalmente, os nomes dos módulos relativos a cada operação realizada são apresentados junto às setas que conectam os arquivos ou planos de informações com os dados de entrada e saída, seguindo a convenção proposta por Eastman (1995).

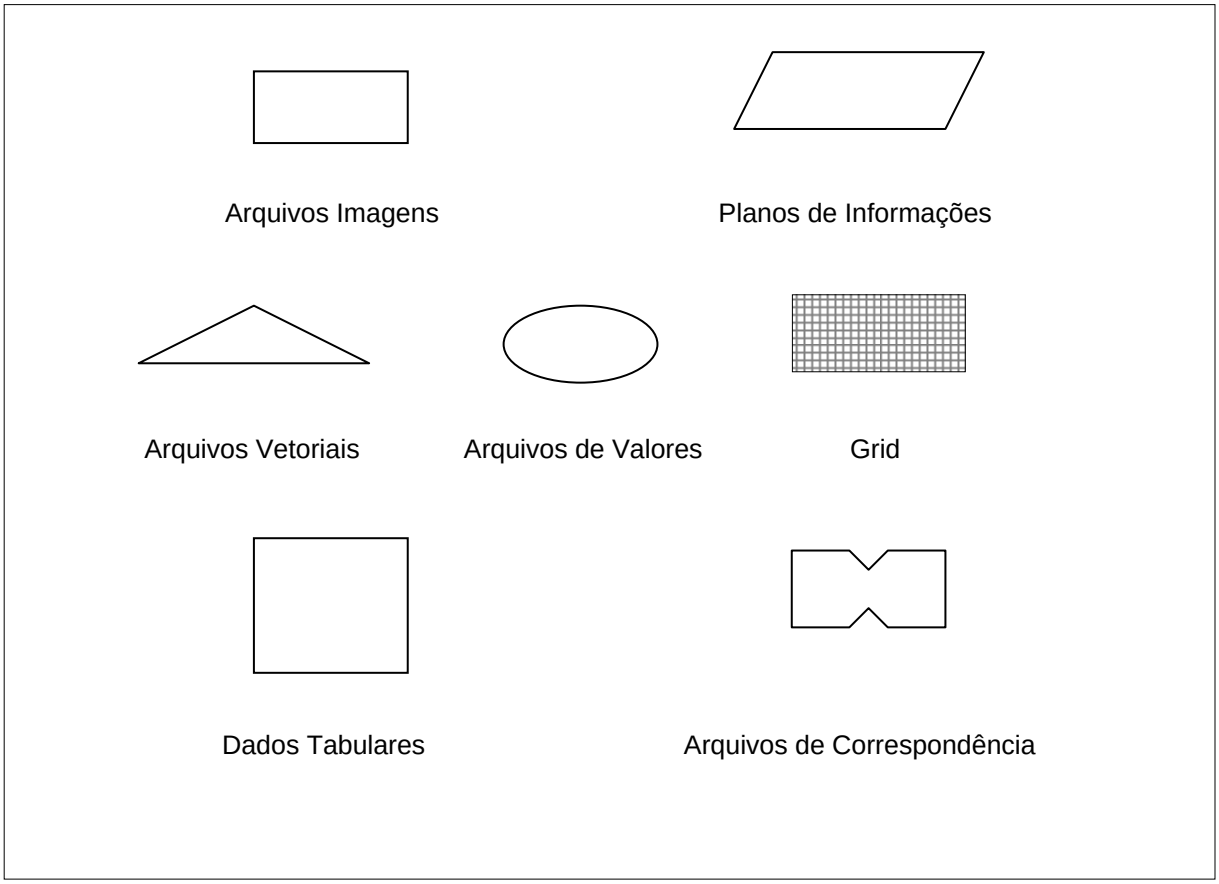

Figura 9.1 - Simbologia utilizada nos modelos cartográficos.

9.2 - PROCEDIMENTOS PARA A GERAÇÃO DOS PLANOS DE INFORMAÇÕES ORIGINAIS

Para a constituição dos planos de informações originais torna-se necessária a importação para o sistema de informações geográficas das informações no formato vetorial digitalizadas e convertidas durante a Etapa 4 da metodologia (Capítulo 6), da grade regular resultante da modelagem digital do terreno (Etapa 6, Capítulo 7) e das imagens orbitais classificadas (Etapa 7, Capítulo 7).

Os procedimentos no IDRISI@ para a criação dos planos de informações originais pertencente às categorias MDT e imagem, estão detalhados junto à descrição do próprio PI.

Os procedimentos referentes à geração dos planos de informações da categoria temática (item 2.2.2, Capítulo 2) podem ser sub-divididos em dois grupos descritos nos itens 9.2.1 e 9.2.1.

9.2.1 - Procedimentos para a Geração dos PIs Originais da Categoria Temática Constituídos por Pontos ou Redes de Linhas

Os planos de informações originais da categoria temática constituídos por pontos são aqueles que armazenam a posicão espacial dos perfis investigados na área de estudo e dos pontos de sondagem SPT (*Standart Penetration Test*), enquanto os PIs referentes à rede de drenagem e ao sistema viário principal constituem as chamadas redes de linhas. Em ambos os casos, os procedimentos são os seguintes:

1) geração de um arquivo documento (.dvc) para cada arquivo vetorial (.vec), importado do AutoCAD;

Um arquivo documento é editado no IDRISI@ por meio do módulo *DOCUMENT*. Esse arquivo contém informações descritivas e parâmetros para a visualização e análise de cada plano de informação.

Para os PIs temáticos da área teste, foram fornecidos o tipo de dados (inteiro), o tipo de arquivo (ASCII) usado para o armazenamento, o tipo de objeto (ponto, linha ou polígono), o sistema de georreferenciamento (plano), a unidade de referência (metro) e o intervalo de coordenadas UTM abrangidas na sua extensão

2) criação de um arquivo de símbolos indicando o tipo de linha ou ponto, a cor e a espessura das entidades vetoriais armazenadas.

9.2.2 - Procedimentos para a Geração dos PIs Originais da Categoria Temática e Constituídos por Entidades Poligonais

Os planos de informações originais da categoria temática formados por entidades poligonais são aqueles que armazenam classes temáticas como unidades litológicas, unidades de solos e mancha urbana. Os procedimentos necessários a sua criação no IDRISI @ são:

1) geração de um arquivo documento (.doc) para cada arquivo vetorial (.vec), relativo às diversas classes temáticas, importadas do AutoCAD;

2) criação de uma imagem em branco, que constitui a imagem inicial para cada um dos PIs originais dessa categoria;

A imagem em branco é criada a partir do módulo *INITIAL*, disponível no menu *DATA ENTRY*. Nessa operação são fornecidos o tipo de dado (byte), o tipo de arquivo (binário), o valor inicial (zero) e os demais parâmetros espaciais para a imagem como número de colunas e de linhas e o intervalo de coordenadas UTM abrangidas na sua extensão.

3) atualização de cada uma das imagens brancas geradas no item anterior, com as informações dos arquivos vetoriais de todas as classes temáticas referentes a cada PI temático;

Esse procedimento é executado por meio do módulo *POLYRAS* disponível no menu *REFORMAT/RASTER/VECTOR CONVERSION*. É uma operação conhecida como **conversão de vetor para raster (rasterização)** e que, ao ser concluída na forma da presente metodologia, resulta nas imagens correspondentes aos diversos PIs originais da categoria temática e suas respectivas classes.

4) criação de uma tabela de cores para cada plano de informação;

Para cada PI é criada uma tabela de cores utilizando o módulo *PALETTE WORKSHOP* (Oficina de Tabela de Cores), que permite a definição de até 256 cores numeradas com índice de 0 a 255. A cor desejada para cada classe temática de um determinado PI é definida por meio da mistura das cores primárias vermelho, verde e azul, seguindo o sistema aditivo de cores primarias (RGB).

5) elaboração da legenda para cada PI;

6) quantificação das áreas relativas às classes de cada PI;

Para a determinação do valor das áreas referente as inúmeras classes existentes nos planos de informação da categoria temática é utilizado o módulo *AREA*, disponível no menu *ANALYSIS/DATABASE QUERY*. Os resultados são solicitados no formato tabular e correspondem ao número total de hectares correspondentes à cada classe.

Há, no entanto, nesses planos de informações da categoria temática, regiões que, embora pertençam a uma mesma classe, estão separadas geograficamente. Para a determinação da área individualizada dessas regiões é necessário atribuir a cada uma delas um único identificador. Essa operação é processada por meio do módulo *GROUP*, que localiza e identifica grupos espacialmente contíguos de pixels de mesmo valor, atribuíndo-lhes novos valores. Uma descrição mais detalhada do módulo *GROUP* podemos encontrar em Eastman (1995). É importante salientar, contudo, que esse procedimento produz uma nova imagem de cada PI com os inúmeros grupos contíguos de pixels de mesmo valor e com um único identificador. Aplicando-se novamente o módulo *AREA* sobre essa imagem resultante, obtém-se os valores da área de cada uma das regiões separadamente.

7) transformação das imagens raster dos PIs para o formato vetorial (**vetorização**), para a obtenção dos limites das classes temáticas por meio do módulo *POLYVEC* disponível no menu *REFORMAT, RASTER/VECTOR CONVERSION*;

A vetorização dos planos de informações temáticos com classes poligonais para a área teste foi um procedimento realizado para determinados PIs, tendo em vista as limitações do programa IDRISI$^{@}$ quanto ao número de pontos que definem cada classe temática.

8) geração de planos de texto e arquivos de símbolos para os textos de acordo com Eastman (1995).

9.3 - OS PLANOS DE INFORMAÇÕES ORIGINAIS UTILIZADOS NA METODOLOGIA

9.3.1 - Plano de Informação Limites Geográficos da Área de Estudo – PI - LIMT

O PI-LIMT, representado na figura 9.2, é um plano de informação no formato vetorial, pertencente à categoria temática e destinado a armazenar os contornos que caracterizam os limites geográficos da área de estudo. A finalidade desse PI, além de participar na composição de mapas é permitir a geração de uma imagem para mascaramento dos demais planos de informações.

No caso particular da área teste, o PI-LIMT correspondeu ao contorno das áreas emersas do município na parte continental e no arquipélago, onde foram incluídas as ilhas situadas no delta do Jacuí e pertencentes à Porto Alegre (Ilha Grande dos Marinheiros, Ilha do Serafim, Ilha do Lino, Ilha do Lage, Ilha do Cipriano, Ilhas das Flores, Ilha do Oliveira, Ilha do Humaitá, Ilha do Pavão, Ilha da Casa da Pólvora, Ilha do Chico Inglês, Ilha da Pintada, Ilha das Baseiras, e Ilha das Pombas), mostradas em detalhe na figura 9.3, como também, a Ilha Francisco Manoel, situada no extremo sul de Porto Alegre.

O traçado dos limites geográficos do município foi obtido a partir da carta topográfica, escala 1:15.000, ano 1995, fornecida pela Secretaria de Obras da Prefeitura Municipal de Porto Alegre e adaptado durante o processo de digitalização, para a carta base utilizada na pesquisa (escala 1:50.000).

9.3.2 - Plano de Informação Máscara – PI - MÁSCARA

O PI-Máscara, da categoria temática e no formato raster, é utilizado para realizar a operação denominada **mascaramento**. Essa operação, de acordo com Felgueiras & Câmara (1993), permite mascarar um plano de informação usando polígonos definidos em um outro plano de informação, no caso, o PI- MÁSCARA. Dessa forma, é possível fazer com que cada plano de informação contenha apenas os dados referentes à área em estudo.

Para a área teste, o PI-MÁSCARA, representado na figura 9.4, foi obtido a partir da transformação do PI - LIMT para o formato raster (rasterização), constituíndo, portanto, uma máscara positiva referente à área total do município de Porto Alegre (RS).

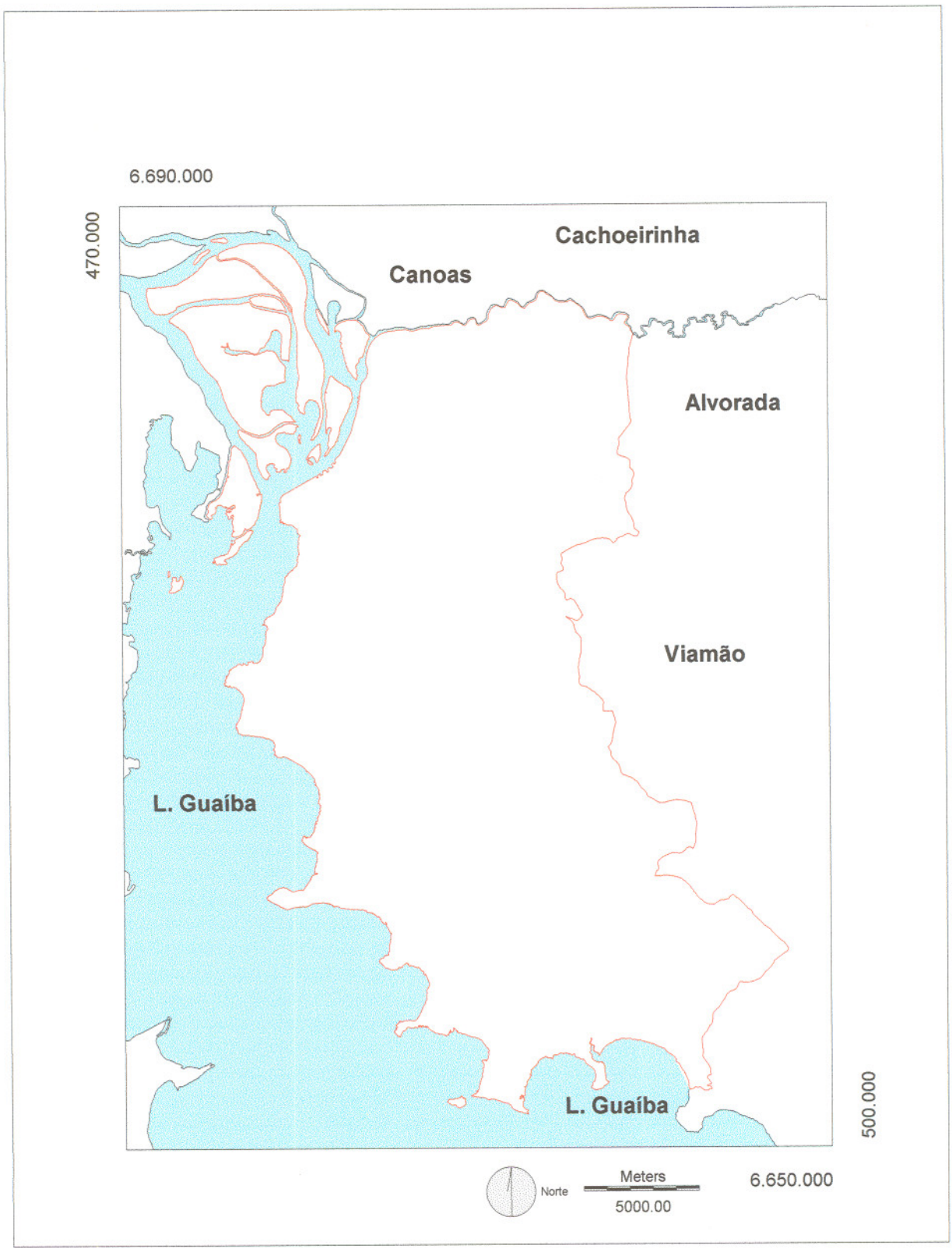

Figura 9.2 - Plano de informação com o contorno referente ao limite geográfico da área de estudo (PI - LIMT).

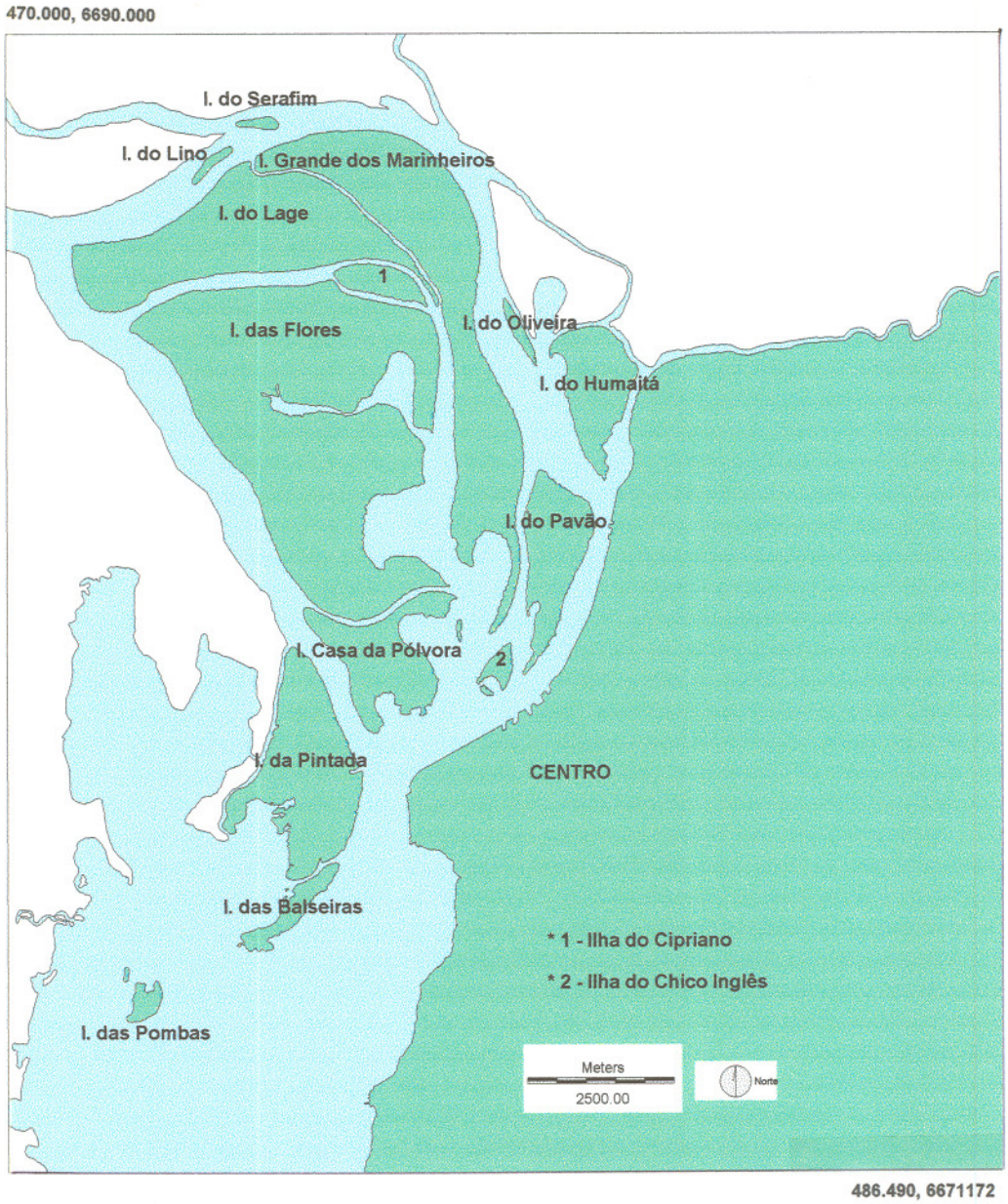

Figura 9.3 - Ilhas do delta do Jacuí pertencentes ao município de Porto Alegre (RS).

Figura 9.4 - Plano de informação MÁSCARA, com a área total emersa do município de Porto Alegre (RS).

9.3.3 - Plano de Informação Unidades Litológicas – PI - LITO

O PI-LITO tem por finalidade armazenar as informações referentes às unidades litológicas da área de estudo. Trata-se de um plano de informação no formato raster, pertencente à categoria temática e com diversas classes formadas por entidades poligonais. Portanto, para a sua geração no IDRISI@, devem ser observados os procedimentos relacionados no item 9.2.2.

Para a área teste, as informações sobre as unidades litológicas, mostradas na figura 9.5, foram extraídas do mapa geológico, escala 1:50.000, constante no Atlas Ambiental de Porto Alegre (Menegat *et al*., 1998d). Uma descrição das principais características de cada unidade pode ser encontrada no item 5.2, Capítulo 5, dessa tese. A tabela 9.2 apresenta a quantificação das áreas de cada classe temática do PI-LITO.

Tabela 9.2 - Quantificação das áreas do PI-LITO

CLASSE	SIGLA	UNIDADE LITOLOGICA	ÁREA (ha)	%
1	MGTF/GnCP	Metagranodiorito Três Figueiras e Gnaisses Chácara das Pedras	1.786,05	3,74
2	MtgLS	Metagranodiorito Lomba do Sabão	1.948,77	4,08
3	GS	Granito Santana	6.126,93	12,83
4	GC	Granito Cantagalo	1.222,11	2,56
5	GI	Granito Independência	1.517,13	3,18
6	GSH	Granito Saint-Hilaire	1.287,72	2,70
7	GP	Granito Pitinga	278,55	0,58
8	GSC	Granito São Caetano	193,41	0,40
9	GSP	Granito São Pedro	1.458,63	3,05
10	GR	Granito Restinga	1.644,93	3,44
11	GSA	Granito Santo Antônio	490,14	1,03
12	GAP	Granito Arroio das Pedras	73,71	0,15
13	DL-SLB IV	Depósitos Lagunares (SLB IV)	2.252,79	4,72
14	DL-SLB III	Depósitos Lagunares (SLB III)	1.359,36	2,85
15	DL-SLB II	Depósitos Lagunares (SLB II)	6.272,37	13,13
16	DE	Depósitos Eluvionares	4.917,69	10,30
17	DLA	Depósitos de Leques Aluviais	1.502,10	3,14
18	DTF-SLB III	Depósitos de Terraços Fluviais (SLB II)	2.009,16	4,21
19	DPCF-SLB IV	Depósitos de Planície e Canal Fluvial (SLB IV)	6.390,45	13,38
20	DD-SLB IV	Depósitos Deltáicos (SLB IV)	4.425,30	9,27
21	DA	Depósitos de Aterros	606,06	1,27
		TOTAL	47.763,36	100,00

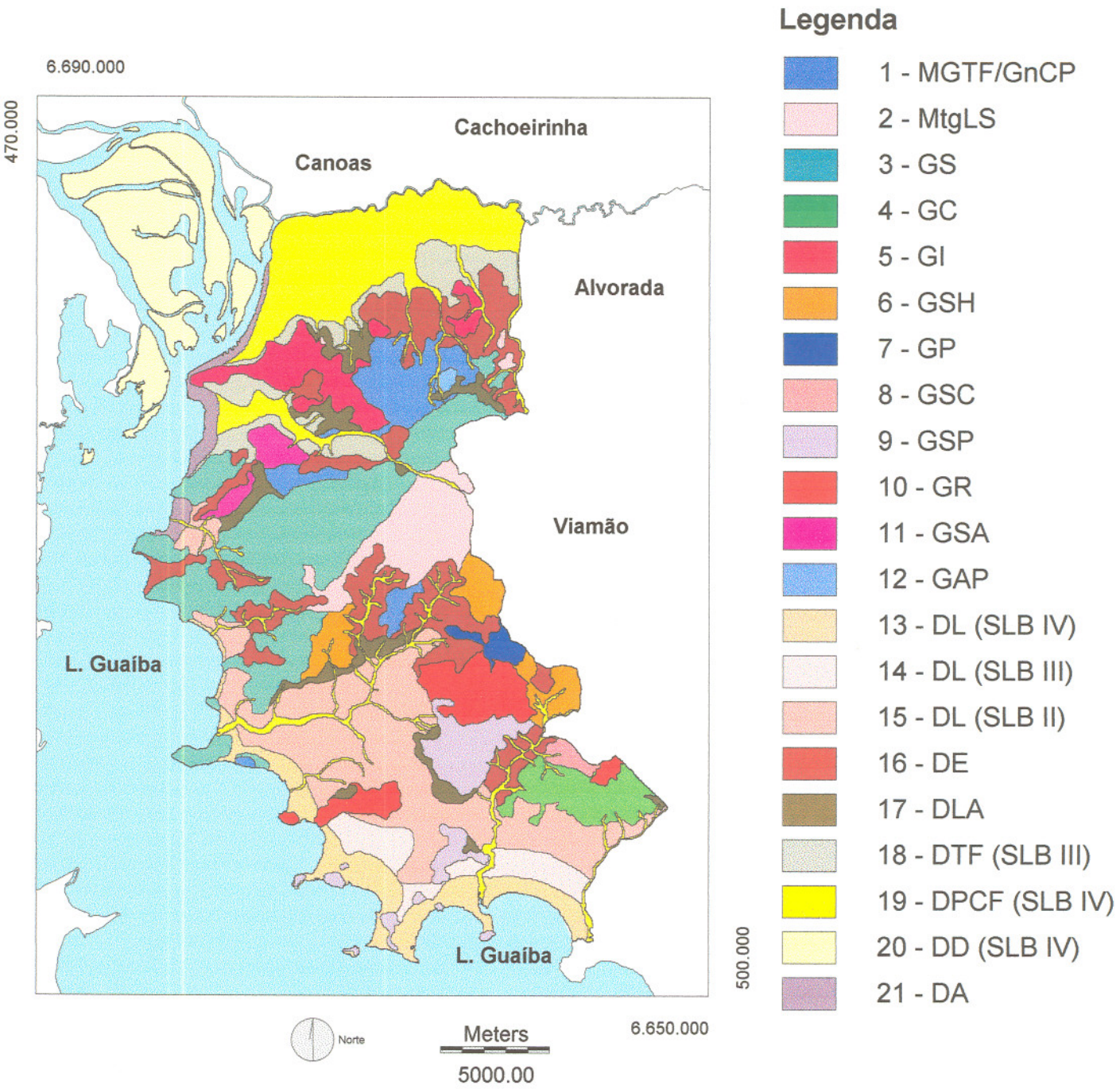

Figura 9.5 - Plano de informação com as unidades litológicas de Porto Alegre(RS), PI-LITO.

9.3.4 - Plano de Informação Unidades de Solos – PI - SOLOS

O PI-SOLOS é constituído a partir das informações do mapa pedológico resultante do procedimento 2, Etapa 2 da metodologia. É um plano de informação pertencente à categoria temática, com classes poligonais e no formato raster.

Para a área teste, as informações sobre as unidades de solos podem ser encontradas no item 5.3 (Capítulo 5). A geração desse PI no IDRISI@ seguiu os procedimentos descritos no item 9.2.2.

A figura 9.6 apresenta uma composição de mapas com as informações constantes no PI-SOLOS, enquanto a tabela 9.3 mostra os resultados obtidos pela quantificação das diversas classes temáticas.

Tabela 9.3 - Quantificação das áreas do PI-SOLOS

CLASSE	SIGLA	UNIDADE DE SOLO	ÁREA (ha)	%
1	PV	Podzólico Vermelho-Amarelo	7.614,00	15,94
2	R/PV	Associação de Solos Litólicos e Podzólico Vermelho - Amarelo	7.571,43	15,85
3	R	Solos Litólicos	6.589,98	13,80
4	PL/PV	Associação de Planossolo e Podzólico Vermelho - Amarelo	4.075,29	8,53
5	PL	Planossolo	8.325,09	17,43
6	A/HG	Associação de Solos Aluviais e Glei Húmico	9.111,33	19,08
7	A	Solos Aluviais	2.220,03	4,65
8	HO	Solos Orgânicos	1.648,26	3,45
9	AT	Aterros	607,95	1,27
		TOTAL	47.763,36	100,00

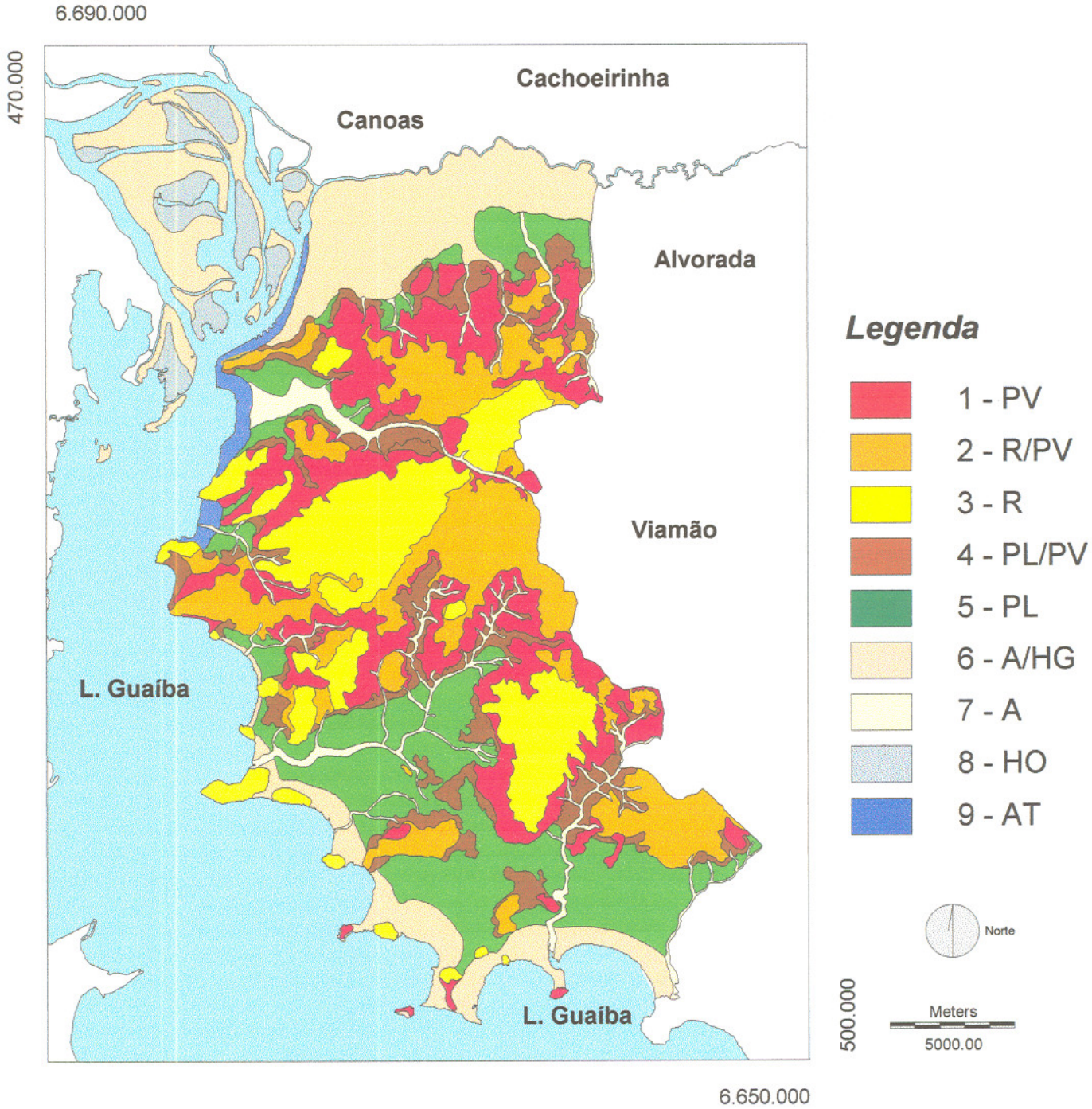

Figura 9.6 - Plano de Informação com as unidades de solos de Porto Alegre (RS), PI-SOLOS.

9.3.5 - Plano de Informação Modelo Digital do Terreno - PI – MDT

Esse plano de informação pertencente à categoria MDT e no formato raster, tem por finalidade armazenar, no sistema de informações geográficas (SIG), as informações sobre a topografia da área de estudo, constantes na grade retangular regular ou *grid* gerada no SURFER, Etapa 6 da metodologia, conforme os procedimentos descritos item 8.1, Capítulo 8.

Para o município de Porto Alegre, foram utilizados os dados constantes no arquivo MPOA.GRD, gerado na Etapa 6, e utilizado o modelo cartográfico mostrado na figura 9.7.

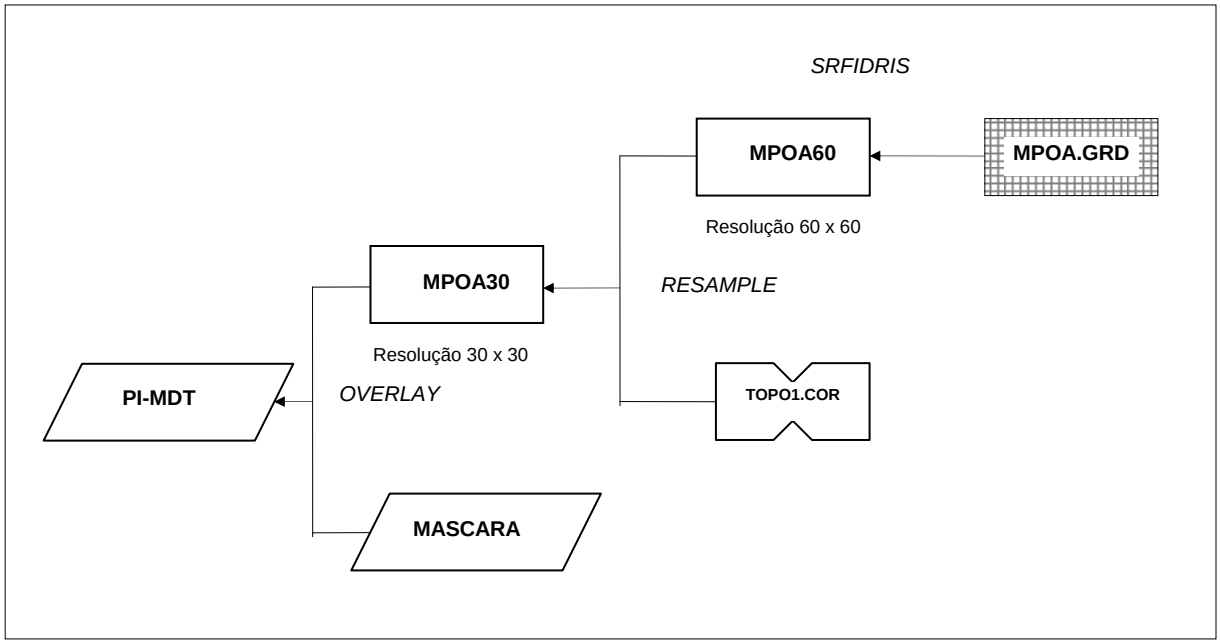

Figura 9.7 - Modelo cartográfico para a geração do PI-MDT no IDRISI@.

De início, foi realizada a importação do arquivo MPOA.GRD para o IDRISI@ por meio do módulo SRFIDRIS, obtendo-se uma imagem denominada MPO60.IMG. Em seguida, editou-se o seu respectivo arquivo documento (MPO60.DOC). Posteriormente, essa imagem de resolução de 60 x 60 metros foi reamostrada para uma resolucão de 30 x 30 metros, gerando a imagem MPOA30.IMG, com uma resolução compatível com as demais imagens utilizadas no estudo. O processo de reamostragem utilizou o módulo RESAMPLE, disponível no IDRISI@ e descrito detalhadamente em Eastman (1995). Para tanto, gerou-se um arquivo de correspondência (item 9.1.2) denominado TOPO1, com as coordenadas X, Y de quatro pares de pontos que representavam o mesmo lugar no terreno de acordo com o sistema de coordenadas de ambas as imagens. No caso particular da reamostragem da imagem

MPOA60.IMG, que já estava georreferenciada, os pontos do arquivo TOPO1 assumiram os mesmos valores para a imagem de entrada e para a imagem de saída (Figura 9.8).

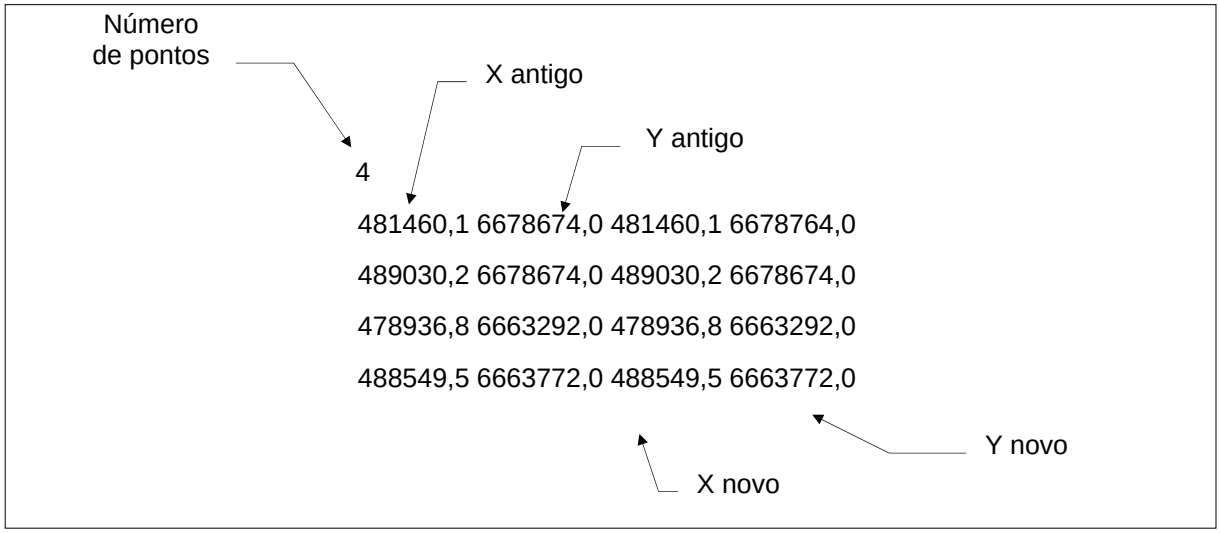

Figura 9.8 - Arquivo de correspondência TOPO1 para reamostragem da imagem MPOA60.

Os novos valores dos *pixels* da imagem de saída MPOA30.IMG foram calculados a partir da interpolação bilinear, mais apropriada para dados quantitativos como as informações topográficas (Eastmam, 1995). Finalmente, a imagem MPOA30.IMG sofreu um mascaramento por meio da sua multiplicação (disponível no módulo *OVERLAY*) pela imagem do PI-MÁSCARA, originando a imagem final do Modelo Digital do Terreno denominada MDT.IMG (Figura 9.9) e que contém apenas as informações topográficas situadas no interior da área teste.

Na figura 9.9, os valores de altitude dentro do município de Porto Alegre, representados na imagem por números reais, estão escalonados para visualização devido a tabela de cores utilizada estar limitada a 256 cores. Nesse caso, o valor mínimo da imagem referente a altitude igual a zero está mostrado com a cor de valor mais baixo da tabela de cores gerada (branco) e o valor máximo esta representado com o valor mais elevado da tabela (verde). Os valores intermediários estão distribuídos entre as demais cores disponíveis na tabela de cores denominada MDT. Uma imagem do modelo digital do terreno do município de Porto Alegre, fatiada em intervalos de altitude, constituí um dos planos de informações derivados do MDT e, por isso, pode ser encontrada na figura 10.5, Capítulo 10. A figura 9.10 mostra, a partir do MDT, o relevo sombreado (Burrough, 1986; Heller & Weibel, 1991) obtido para o município de Porto Alegre(RS).

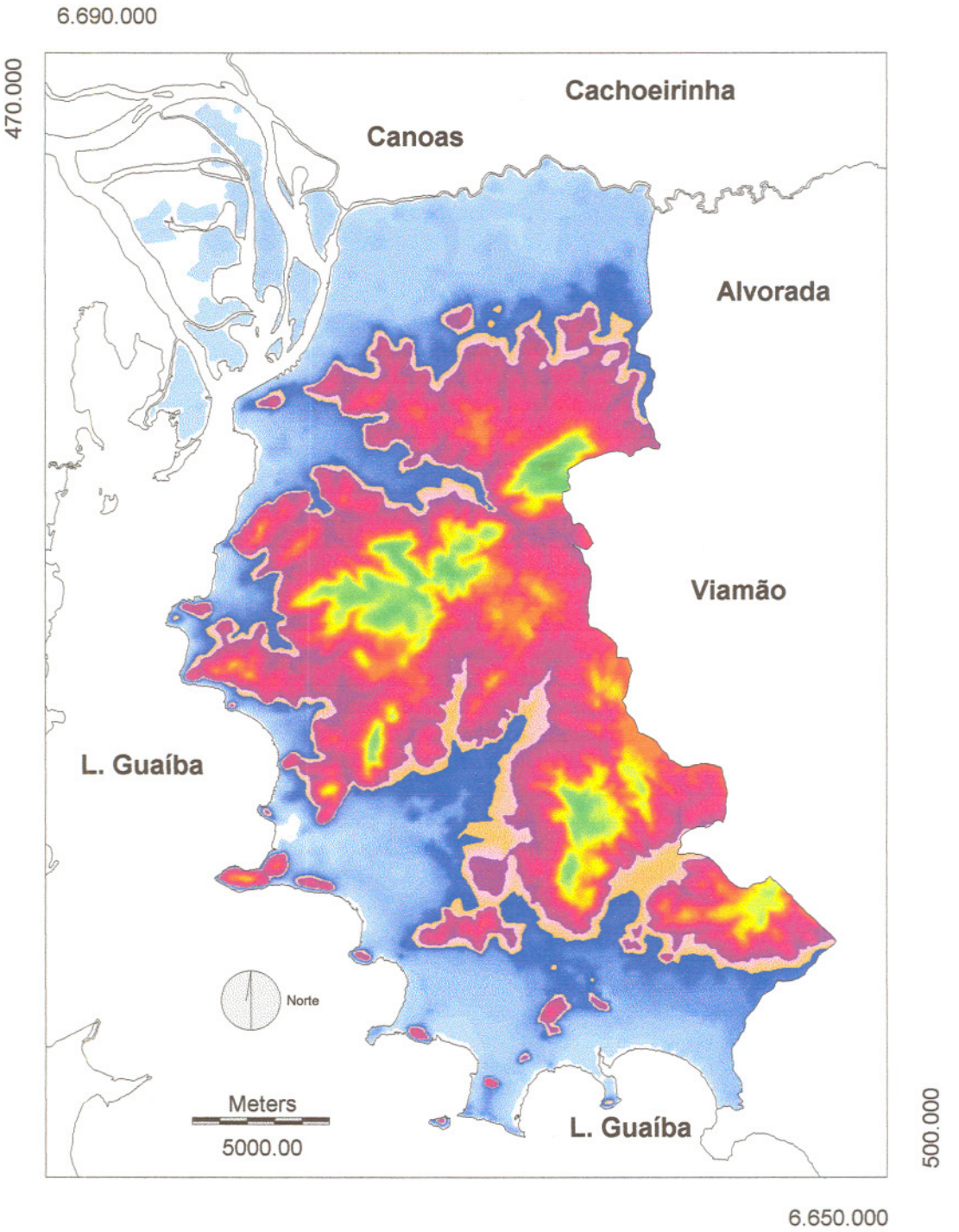

Figura 9.9 - PI-MDT com a imagem referente à topografia da área teste. Os valores das altitudes, representados por números reais, estão escalonados para visualização. As áreas mapeadas na cor azul não ultrapassam a 25 metros de altitude; nas cores ocre e salmão encontram-se entre 26 e 36 metros; na cor lilás, entre 37 e 65 metros; nas cores vermelho e laranja variam de 66 a 135 m; em amarelo situam-se entre 136 e 175m e, finalmente, as áreas representadas em verde apresentam altitudes superiores a 175 metros.

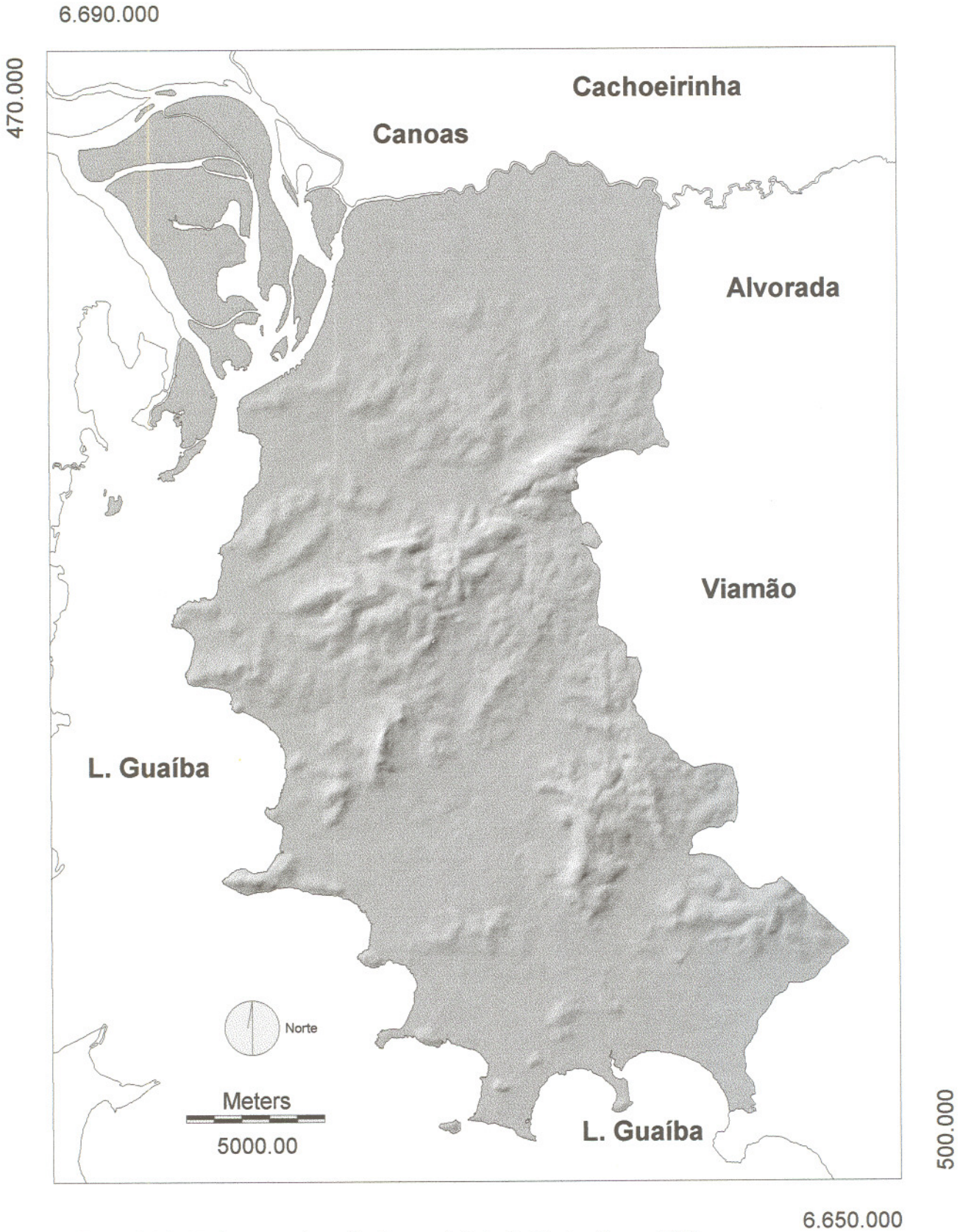

Figura 9.10 - Relevo sombreado do município de Porto Alegre (RS).

9.3.6 - Plano de Informação Rede de Drenagem - PI – DREN

Esse plano de informação, constituído por linhas, no formato vetorial e pertencente à categoria temática, tem por finalidade mostrar a localização dos principais elementos integrantes da rede de drenagem na região estudada. Os procedimentos para a sua implementação no IDRISI@ estão descritos no item 9.2.1.

Para o município de Porto Alegre, as informações sobre a drenagem foram extraídas da carta topográfica, na escala 1:50,000, ano de 1977, da Divisão de Serviço Geográfico do Exército (DSG) Folhas, São Leopoldo (MI 29709/4), Porto Alegre (MI 2987/2), Itapuã (MI - 2987/4), Guaíba (MI2987/1), Morretes (MI2970/3).

O PI-DREN está representado na composição de mapas da figura 9.11.

9.3.7 - Plano de Informação Sistema Viário Principal - PI – SVIAR

Semelhante ao plano de informação anterior, o PI-SVIAR, categoria temática, formato vetorial e constituído por rede de linhas, tem por objetivo identificar a localização de algumas das principais vias da área de estudo. Para isso, é adotada uma representação linear, utilizando-se os eixos das vias ou *centerlines* (Davis Jr & Fonseca, 1994).

Para a área teste, o traçado das vias foi extraído da carta topográfica da DSGE, escala 1:50.000, ano de 1975.

Uma composição de mapas destacando o PI-SVIAR está representada na figura 9.12.

9.3.8 - Plano de Informação Lagos - PI – LAGOS

Esse plano de informações objetiva assinalar, na área de estudos, os corpos d’água existentes. É um PI pertencente à categoria temática e constituído por entidades poligonais, mas que pode ser gerado apenas no formato vetorial.

Para o município de Porto Alegre (RS), o PI-LAGOS, mostrado na composição da figura 9.13, teve como fonte de informação a mesma carta topográfica mencionada nos dois PIs anteriores.

Figura 9.11 - PI-DREN com a rede de drenagem do município de Porto Alegre (RS).

Figura 9.12 - PI-SVIAR com o sistema viário principal no município de Porto Alegre (RS).

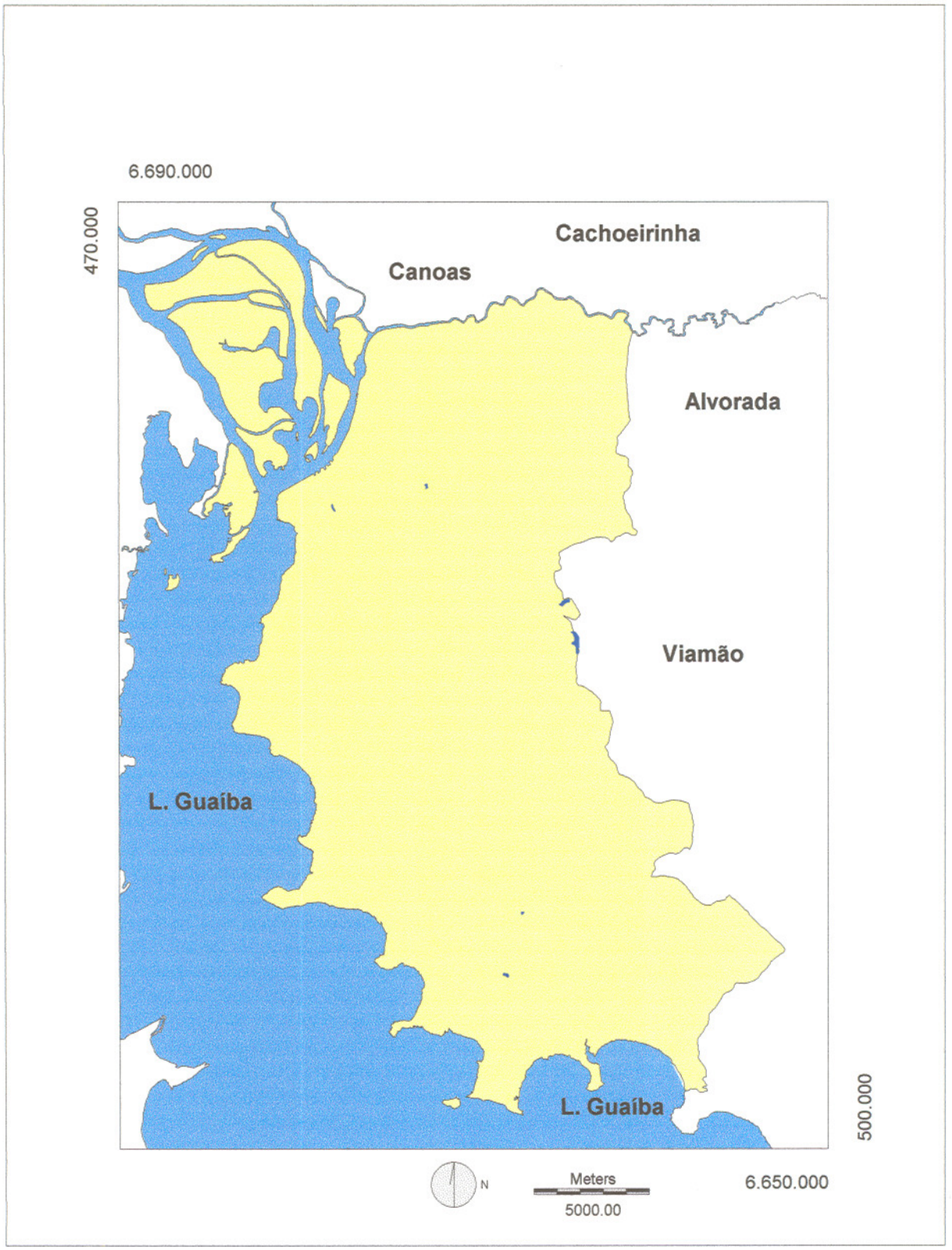

Figura 9.13 - PI-LAGOS com os lagos existentes na município de Porto Alegre (RS).

9.3.9 - Plano de Informação Bairros - PI – BAIRROS

O PI - BAIRROS armazena no formato vetorial a divisão de bairros existentes na área de estudo. A individualização e a posterior rasterização de cada bairro poderá resultar em inúmeras classes temáticas, permitindo, separadamente, a análise do meio físico de um bairro de interesse. A figura 9.14 mostra o PI-BAIRROS para o município de Porto Alegre (RS). Nesse plano de informação foram representados os 76 bairros existentes em 1995 (Tabela 9.4), cujos limites geográficos foram extraídos do mapa de Porto Alegre, escala 1:15.000, ano 1995, da Secretaria do Planejamento Municipal.

Tabela 9.4 - Relação dos bairros existentes em Porto Alegre em 1995 (SMP-POA/RS)

ID_BAIRRO	NOME	ID_BAIRRO	NOME
1	Farrapos	39	Menino Deus
2	Humaitá	40	Praia de Belas
3	Anchieta	41	Santa Tereza
4	Navegantes	42	Medianeira
5	São João	43	Santo Antônio
6	Santa Maria Goretti	44	Partenon
7	Jardim São Pedro	45	Jardim Botânico
8	Jardim Floresta	46	Bom Jesus
9	Jardim Lindóia	47	Jardim do Salso
10	São Sebastião	48	Jardim Carvalho
11	Sarandi	49	Agronomia
12	Rubem Berta	50	São José
13	Jardim Itú Sabará	51	Vila João Pessoa
14	Vila Ipiranga	52	Cel. Aparício Borges
15	Cristo Redentor	53	Glória
16	Passo da Areia	54	Teresópolis
17	Higienópolis	55	Cascata
18	São Geraldo	56	Nonoai
19	Marcílio Dias	57	Cristal
20	Floresta	58	Cavalhada
21	Centro	59	Vila Assunção
22	Independência	60	Tristeza
23	Bomfim	61	Camaquã
24	Farroupilha	62	Vila Conceição
25	Cidade Baixa	63	Pedra Redonda
26	Moinhos de Vento	64	Ipanema
27	Auxiliadora	65	Vila Nova
28	Mont'Serrat	66	Belém Novo
29	Rio Branco	67	Restinga
30	Boa Vista	68	-
31	Vila Jardim	69	Espírito Santo
32	Chácara das Pedras	70	Guarujá
33	Três Figueiras	71	Hípica
34	Bela Vista	72	Serraria
35	Petrópolis	73	Ponta Grossa
36	Santa Cecília	74	Belém Novo
37	Santana	75	Lageado
38	Azenha	76	Lami

Figura 9.14 - Composição de mapas com os bairros existentes na área teste em 1995 (PI-BAIRROS), segundo a SMP-POA/RS.

9.3.10 - Plano de Informação Bairro Lami - PI – BAIR76

Esse plano de informação tem por finalidade permitir a demonstração, por meio de sobreposições com outros PIs, do potencial da metodologia para a análise do meio físico de uma região em particular dentro da área de estudo.

Para a área teste foi escolhido o bairro Lami (bairro n° 76), que tem recebido a atenção especial do poder público quanto à preservação do meio ambiente. Por esse motivo, esse plano de informação, mostrado na figura 9.15, recebeu o nome de PI-BAIR76.

9.3.11 - Plano de Informação Mancha Urbana 1958 - PI – URB1958

Os planos de informações relativos às manchas urbanas em diferentes datas têm por finalidade viabilizar análise da interação da ocupação urbana com as unidades geotécnicas estimadas ou com outros aspectos relevantes do meio físico na área de estudo.

Normalmente, quando as informações sobre os limites da mancha urbana são procedentes de mapas analógicos ou da classificação visual de imagens orbitais, esses PIs temáticos são originados de arquivos vetoriais constituídos por entidades poligonais fechadas. Assim, para a sua criação num sistema de informações geográficas (SIG), em especial no IDRISI$^{@}$, devem ser seguidos os procedimentos descritos no item 9.2.2.

Para a área teste, em especial para a área situada no continente, o limite da mancha urbana no ano de 1958 foi obtido a partir de Souza (1998), cujo trabalho está publicado no Atlas Ambiental de Porto Alegre (Menegat *et al*,. 1998d). Portanto, na geração da imagem do PI (Figura 9.16) foram seguidos os procedimentos mencionados no item 9.2.2, Capítulo 9, a partir de um arquivo vetorial cedido pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Porto Alegre (RS).

9.3.12 - Plano de Informação Mancha Urbana 1975 - PI – URB1975

São validas para esse plano de informação (Figura 9.17) as considerações do PI anterior. Para o município de Porto Alegre, o limite da mancha urbana, no continente e no ano de 1975, foi extraído também de Souza (1998).

Figura 9.15 - Composição de mapas com destaque para o PI-B76 (Bairro Lami).

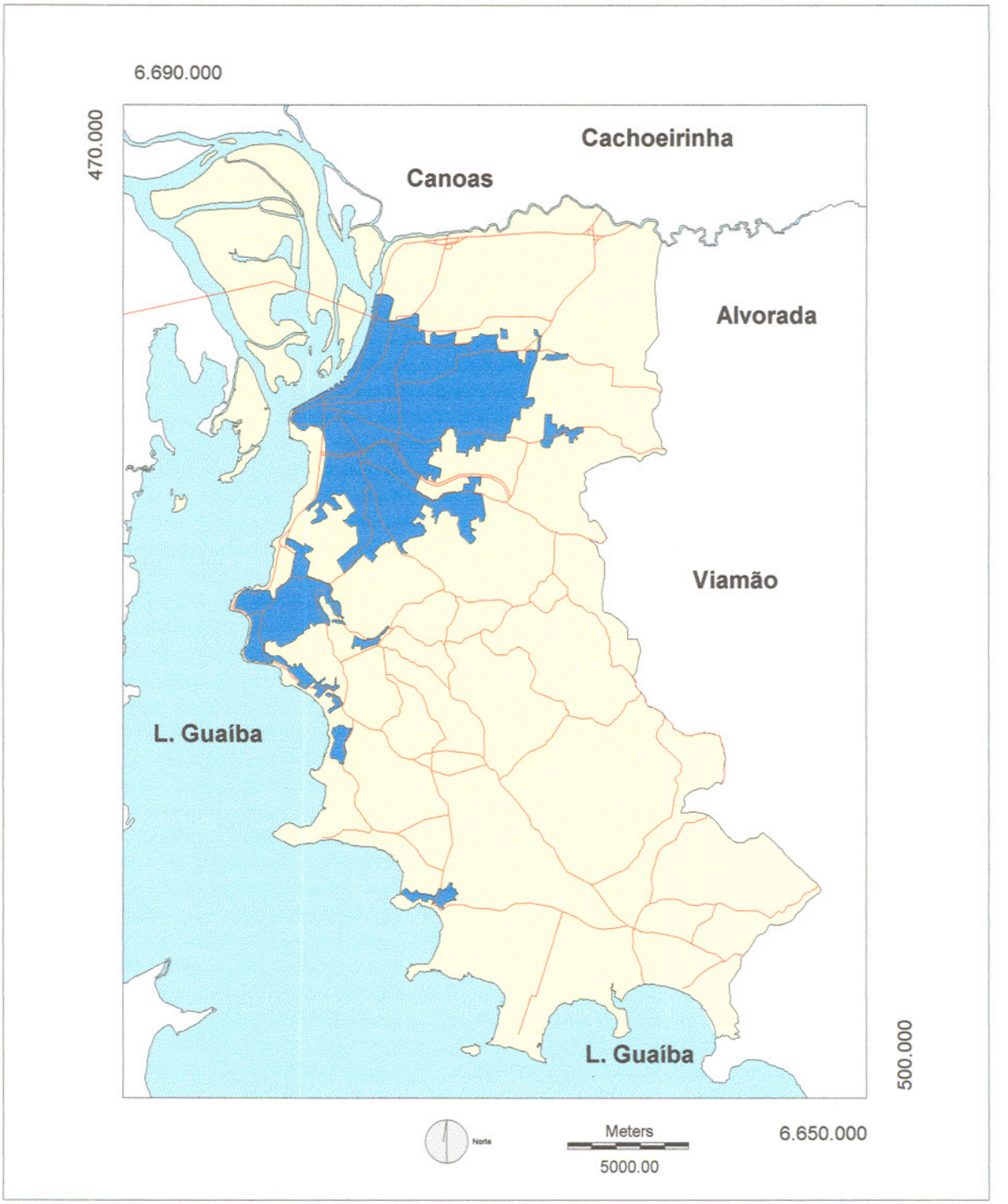

Figura 9.16 - PI-URB1958, com a mancha urbana na parte continental do município de Porto Alegre (RS) em 1958 e a sobreposição do sistema viário principal (PI-SVIAR).

Figura 9.17 - PI-URB1975, com mancha urbana no município de Porto Alegre (RS) em 1975 (parte continental), e o sistema viário principal.

9.3.13 - Plano de Informação Mancha Urbana 1994 - PI – URB1994

Esse PI (Figura 9.18), apresenta a mancha urbana situada na porção continental da área teste no ano de 1994. O limite da mancha urbana teve a mesma procedência dos dois planos de informações anteriores, ou seja, o Atlas Ambiental de Porto Alegre (Menegat *et al.*, 1998d), especialmente o capítulo "Evolução Urbana: dos arraiais à metrópole, elaborado por Souza (1998).

9.3.14 - Plano de Informação Mancha Urbana 1995 - PI – URB1995

Para a área teste, o PI-URB1995 tem como objetivo apresentar a mancha urbana total existente (no continente e nas ilhas do delta do Jacuí) no ano de 1995. Para isso, a mancha urbana mapeada por Souza (1998), a partir uma imagem LANDSAT/TM5 de novembro de 1994, foi acrescida da mancha urbana identificada no arquipélago pela classificação visual da imagem LANDSAT/TM5, de novembro de 1995, realizada na Etapa 7 (item 8.2, Capítulo 8). A expansão urbana na parte continental de 1994 a 1995 foi considerada desprezível. A figura 9.19 apresenta uma composição de mapas com o PI-URB1995.

Figura 9.18 - PI-SVIAR e PI-URB1994, mostrando a mancha urbana na porção continental do município de Porto Alegre (RS) em 1994.

Figura 9.19 - PI-URB1995, com a mancha urbana situada no arquipélago e no continente em 1995, no município de Porto Alegre (RS), com a sobreposição do PI-SVIAR.

9.3.15 - Plano de Informação Perfis Investigados na Área de Estudo - PI – PERFIS

O PI - PERFIS tem por finalidade armazenar, no SIG, a posição georreferenciada dos pontos que representam a localização de perfis investigados ou amostrados na área de estudo. Esse PI pertence à categoria temática e é constituído por entidades vetoriais do tipo pontos, logo, a sua geração no IDRISI@ segue os procedimentos descritos no item 9.2.1, Capítulo 9. Os dados descritivos correspondendes a cada um dos perfis são armazenados no banco de dados geotécnicos (Etapa 5, Capítulo 7).

Para o município de Porto Alegre (RS) foram utilizados os perfis estudados por Bastos (1991), Prezzi (1990), Jungblut (1993), Cruz (1988) e Soares (1997). A localização desse perfis foi obtida a partir da digitalização das cartas que acompanham os referidos trabalhos, ou pela descrição das coordenadas UTM, quando existente. A figura 9.20 apresenta um detalhe da imagem do PI-PERFIS sobreposto ao PI-SVIAR, para o município de Porto Alegre (RS).

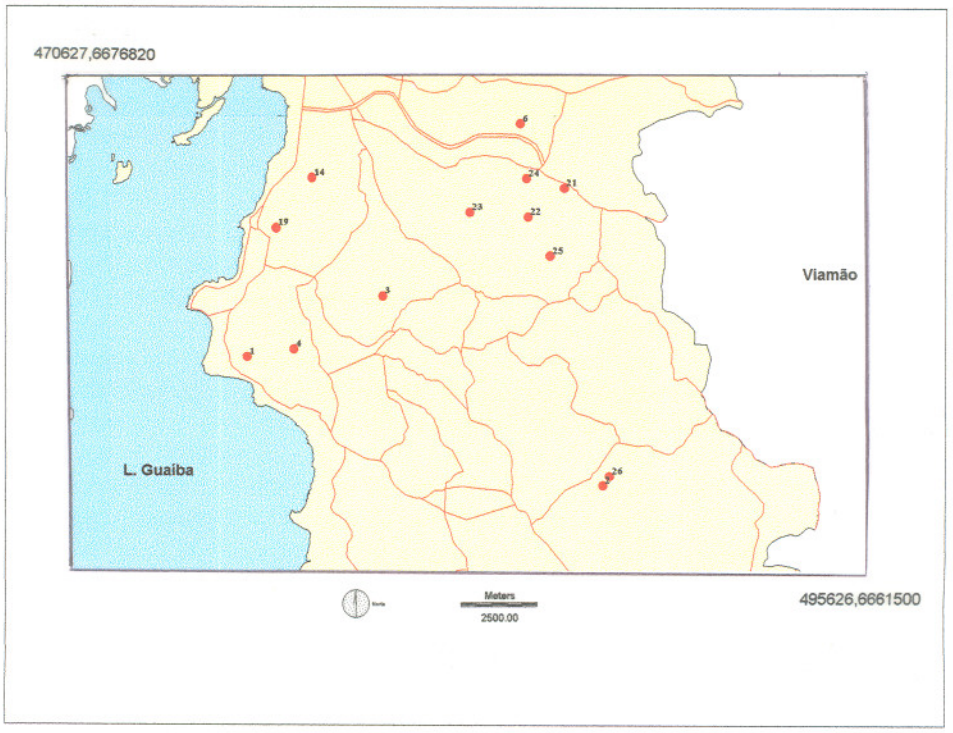

Figura 9.20 - Detalhe do PI-PERFIS, mostrando a região central do município de Porto Alegre com a localização de alguns perfis investigados por diferentes autores, sobreposto ao sistema viário principal.

9.3.16 - Plano de Informação Pontos de Sondagens SPT – PI - SPT

Esse plano de informação, também temático e com entidades vetoriais na forma de pontos, tem como objetivo o armazenamento, no SIG, da posição dos furos de sondagens SPT (*Standart Penetration Test*). Semelhante ao PI anterior, os dados descritivos extraídos dos boletins de sondagem devem ser armazenados no banco de dados geotécnicos.

Para Porto Alegre, os pontos de sondagem SPT foram extraídos de Azevedo (1990). Os pontos escolhidos foram demarcados sobre a carta do município na escala 1:15.000, ano de 1995, de acordo com a metodologia proposta pelo mesmo autor. Em seguida, esses pontos foram digitalizados no AutoCAD e convertidos para o IDRISI@, conforme os procedimentos mencionados na Etapa 4 (Capítulo 6). A criação do PI-SPT, representado na figura 9.21, seguiu os passos descritos no item 9.2.1.

9.3.17 - Plano de Informação Cortes – PI - CORTES

Esse plano de informação tem como finalidade armazenar a posição dos cortes longitudinais e transversais cujos desenhos dos perfis estejam disponíveis para a área de estudo e tenham sido armazenados no banco de dados geotécnicos.

Para a área teste, no PI-CORTES, mostrado na figura 9.22 com PI_SVIAR, foram utilizados os cortes apresentados por Azevedo (1990) e relacionados na tabela 9.3.

Tabela 9.5 - Cortes longitudinais e transversais referentes aos pontos de sondagem SPT de acordo com Azevedo (1990)

ID_CORTE	NOME	DESCRIÇÃO
1	F	24 de Outubro / P.B.Milano / Assis Brasil
2	D	Andradas/ Independência / Mostardeiro / Bordini / Anita Garibaldi
3	C	Riachuelo / Protásio Alves
4	A	Bento Martins
5	E	Garibaldi / República
6	B	Ramiro Barcelos / São Luiz
7	G	Pereira Franco / B.Constant / Cel Bordini / Vicente da Fontoura
8	H	Carlos Von Koseritz / Barão do Amazonas
9	I	25 de Julho / Cristiano Fischer

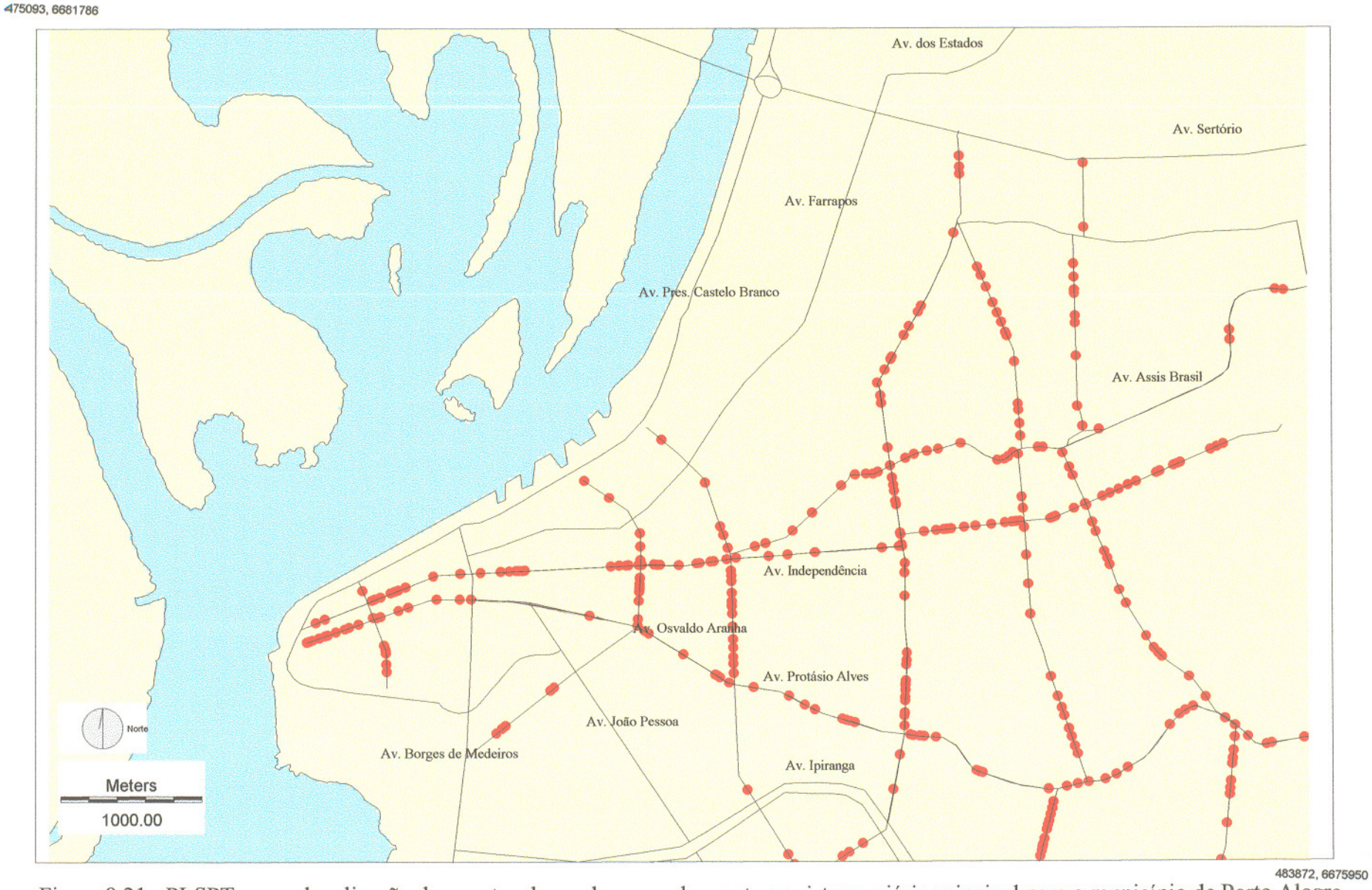

Figura 9.21 - PI-SPT com a localização dos pontos de sondagem, sobreposto ao sistema viário principal para o município de Porto Alegre

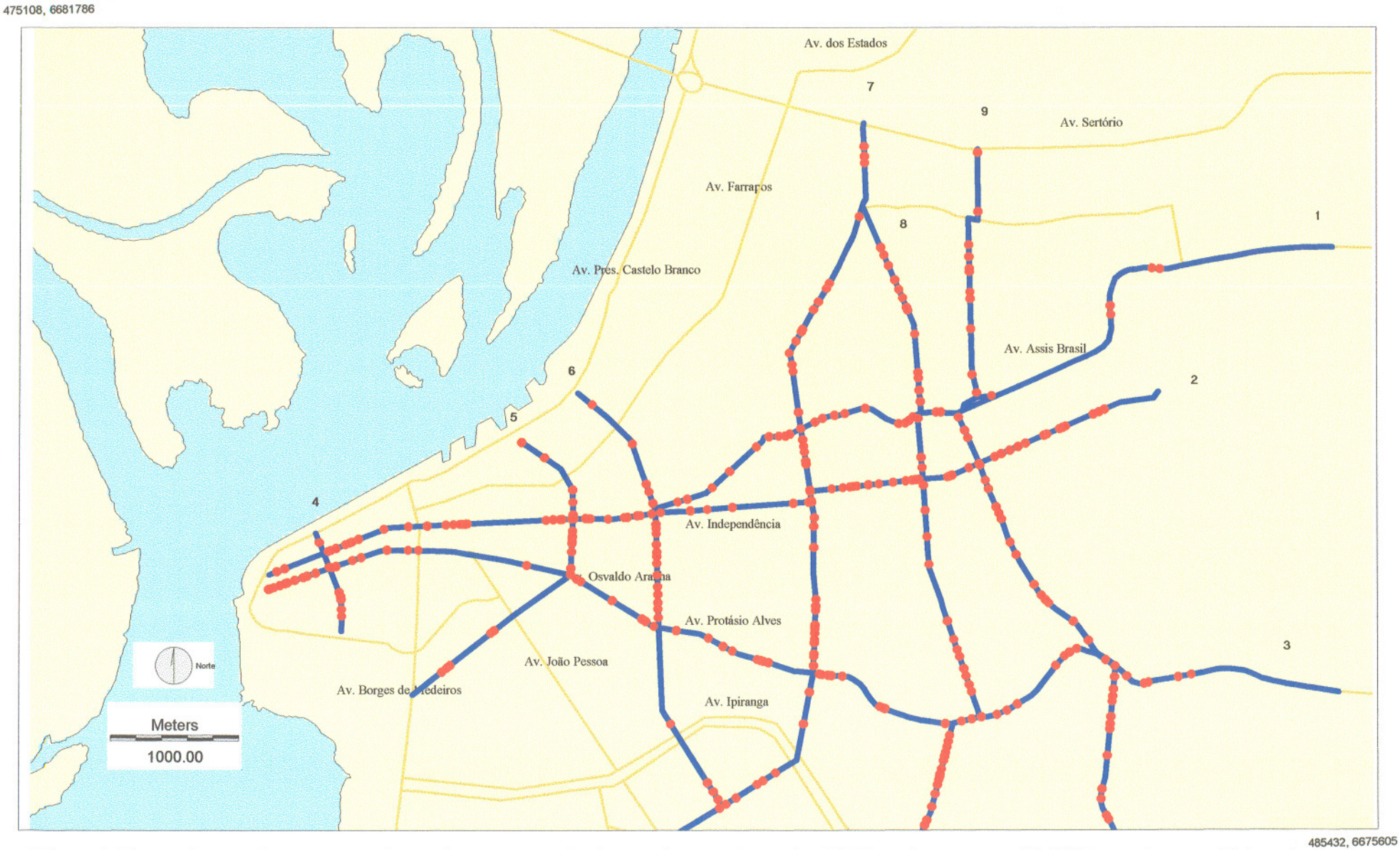

Figura 9.22 - PI-CORTES, com as posições dos cortes 1 a 9, de acordo com Azevedo (1990), sobreposto ao PI-SPT e ao sistema viário principal.

9.3.18 - Plano de Informação Áreas Inundáveis – PI - INUN

Esse plano de informação armazena, no SIG, as áreas inundáveis identificadas na área de estudo.

Para o município de Porto Alegre (RS), as informações sobre as áreas inundáveis foram obtidas pela classificação digital das imagens LANDSAT/TM5, de acordo com os procedimentos da Etapa 7 da metodologia, descritos no item 8.2, Capítulo 8. A superfície total das áreas inundáveis no município importou em 2.886,93 ha e pode ser vista na figura 9.23.

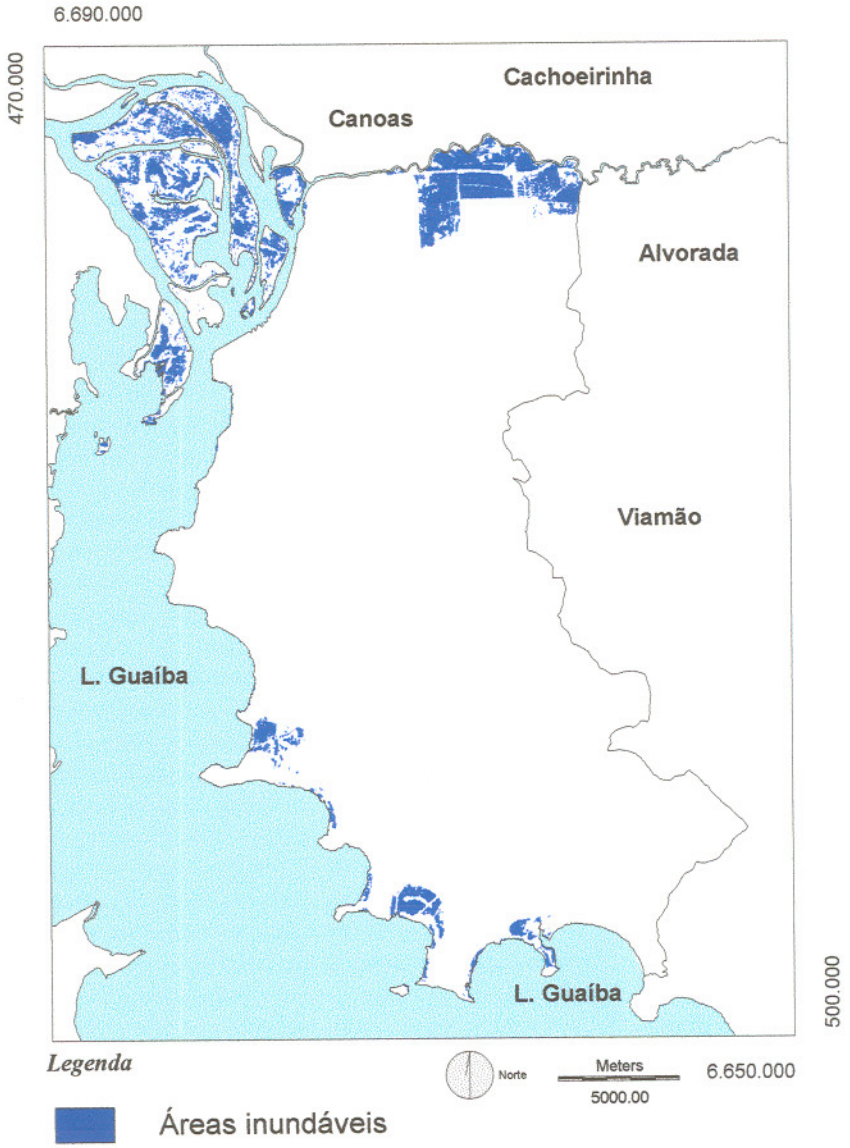

Figura 9.23 - Plano de informação referente às áreas inundáveis na área teste, PI-INUN.

Capítulo 10

IMPLEMENTAÇÃO DE TÉCNICAS DE SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS : PIS DERIVADOS

10.1 - INTRODUÇÃO

A geração dos planos de informações derivados integra a Etapa 8 da metodologia, denominada Implementação de Técnicas de SIG, e caracteriza a última fase do Processamento de Dados, conforme mostrado no esquema da figura 3.1 (Capítulo 3).

Os PIs derivados resultam da manipulação direta dos dados armazenados nos PIs originais, seguindo modelos cartográficos pré-definidos para a obtenção de novas informações sobre a área de estudo. Para isso, podem ser utilizadas no ambiente de um SIG, operações do tipo:

a) reclassificação das classes dos PIs temáticos originais;

b) fatiamento do modelo digital do terreno;

c) emprego de métodos geoestatísticos, que consideram a posição no espaço amostral e a correlação com as amostras vizinhas;

d) aplicação de operadores de distância ou operadores de contexto;

e) cálculo de declividades e áreas com isodeclividades;

f) transformações matemáticas uniformes a cada elemento da imagem de um PI original.

A exemplo dos PIs originais, os PIs derivados podem pertencer também à categoria temática, MDT ou imagem.

A seguir estão descritos os planos de informações derivados gerados na metodologia.

10.2 – PLANO DE INFORMAÇÃO AGRUPAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS – PI-AGG

O PI - AGG, pertencente à categoria temática, é obtido pela reclassificação da imagem do PI original, que contém as unidades litológicas da área de estudo, de acordo com os agrupamentos geológico-geotécnicos definidos na Etapa 3 da metodologia.

Para a área teste, as unidades litológicas constantes no Mapa Geológico de Porto Alegre (Menegat *et al.*,1998c), escala 1:50.000 e armazenadas no PI-LITO foram agrupadas em 14 novas classes temáticas correspondentes aos agrupamentos geológico-geotécnicos propostos por Valente *et al.* (1998) e descritos no item 5.2, Capítulo 5. Para isso, tornou-se necessário reclassificar a imagem do PI-LITO, ou seja, atribuir novos valores a cada elemento (*pixel*) dessa imagem, de acordo com os identificadores numéricos estabelecidos para os diversos agrupamentos geológico-geotécnicos (Tabela 5.2, Capítulo 5). Essa reclassificação foi procedida no IDRISI@ por meio de dois procedimentos:

a) edição no módulo *EDIT* de um arquivo de valores de atributo (item 9.1.2, Capítulo 9) que recebeu a denominação de AGRUPA (figura 10.1), contendo a listagem com os novos atributos para os valores de dados originalmente existentes na imagem do PI-LITO a ser reclassificada;

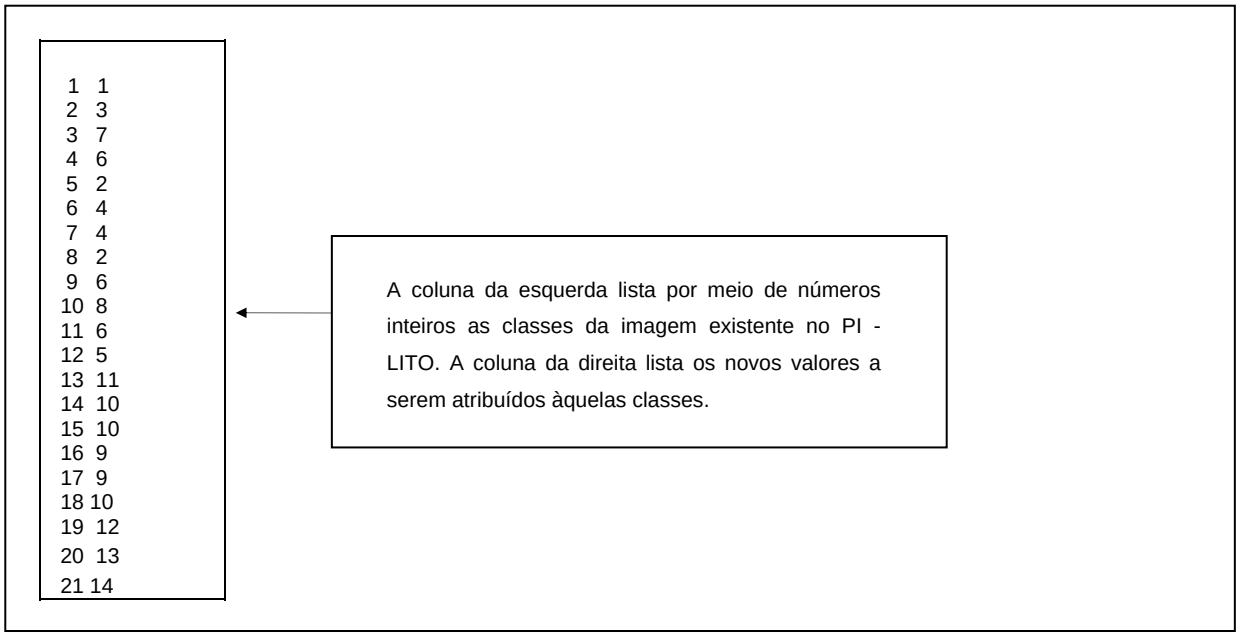

Figura 10.1 - Arquivo de valores para a reclassificação da imagem referente ao PI - LITO.

b) atribuição dos novos valores ou atributos, especificados no arquivo de valores AGRUPA, ao conjunto de valores existentes na imagem do PI-LITO. Essa operação foi feita por meio do módulo *ASSIGN*.

O módulo *ASSIGN*, disponível no IDRISI@, atribui novos valores a um conjunto de valores inteiros de uma imagem. Os valores não especificados na classificação são automaticamente substituídos por zero (Eastman, 1995).

Após a reclassificação, foi criada uma tabela de cores para o PI-AGG.

A quantificação das áreas das novas classes temáticas obtidas pode ser vista na tabela 10.1. Já a imagem resultante para o PI-AGG e o modelo cartográfico empregado para a sua geração estão mostrados nas figuras 10.2 e 10.3, respectivamente.

Tabela 10.1 - Quantificação das áreas das classes referentes aos agrupamentos geológico-geotécnicos para o município de Porto Alegre (RS).

ID_AGG	SIGLA	AGRUPAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO	ÁREA (ha)	%
1	mgd	Metagranodiorito e gnaisse	1.786,05	3,74
2	gd1	Granodiorito e monzogranito cinzentos isótropos	1.710,54	3,58
3	gd2	Granodiorito porfirítico muito grosso	1.948,77	4,08
4	g1	Monzogranitos porfiríticos cinzentos	1.566,27	3,28
5	g2	Monzogranito granófiro	73,71	0,15
6	g3	Sienogranitos e monzogranito rosados isótropos	3.170,88	6,64
7	g4	Sienogranito grosso	6.126,93	12,83
8	g5	Sienogranito quartzoso	1.644,93	3,44
9	sq1	Eluviões e leques aluviais	6.419,79	13,44
10	sq2	Depósitos de terraços lagunares antigos	9.640,89	20,18
11	sq3	Depósitos lagunares recentes	2.252,79	4,72
12	sq4	Depósitos fluviais	6.390,45	13,38
13	sq5	Depósitos deltáicos	4.425,30	9,27
14	at	Depósitos de aterros	606,06	1,27
		Total	47.763,36	100,00

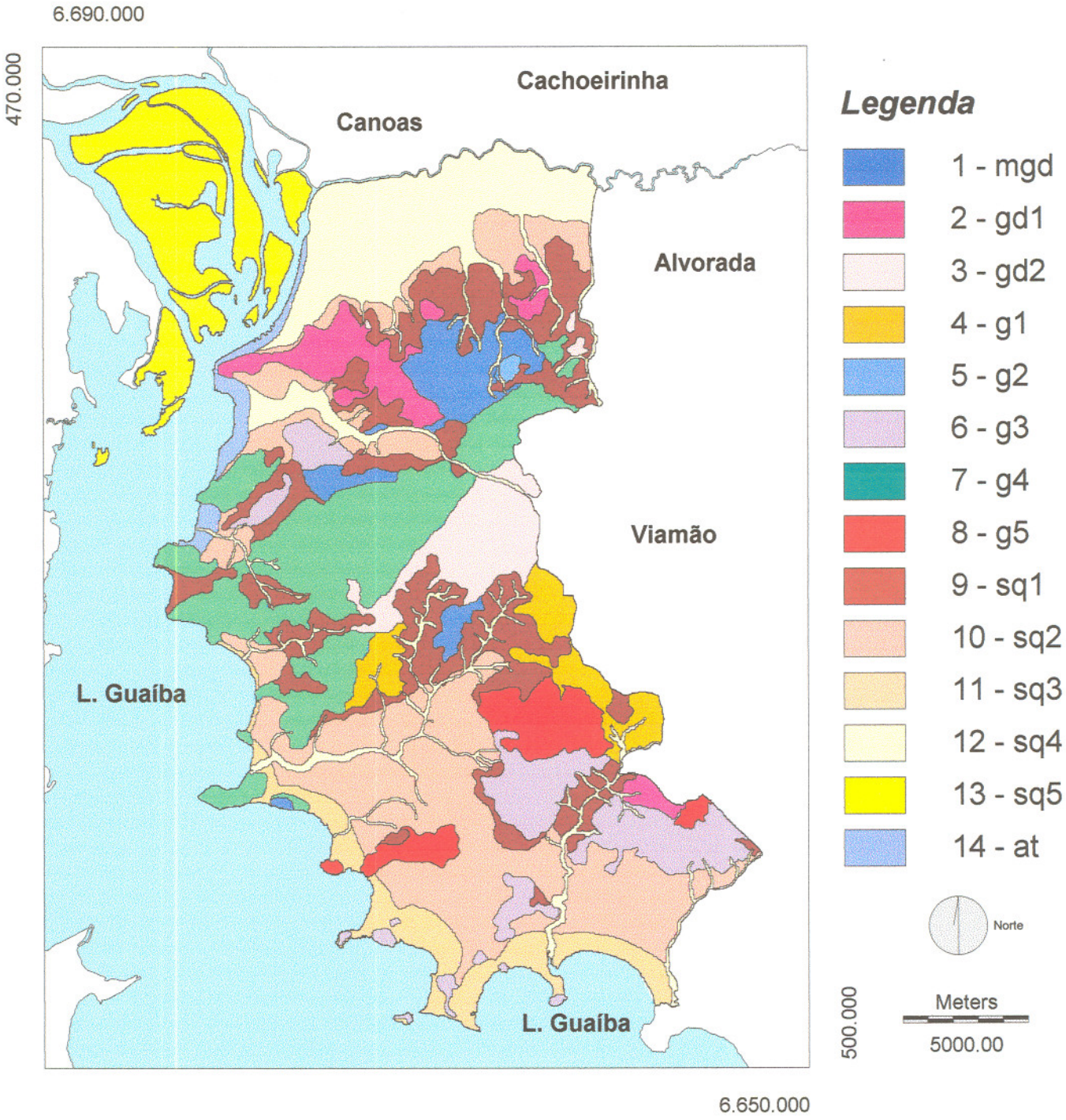

Figura 10.2 - Plano de informação com os agrupamentos geológico-geotécnicos para o município de Porto Alegre (RS), PI-AGG.

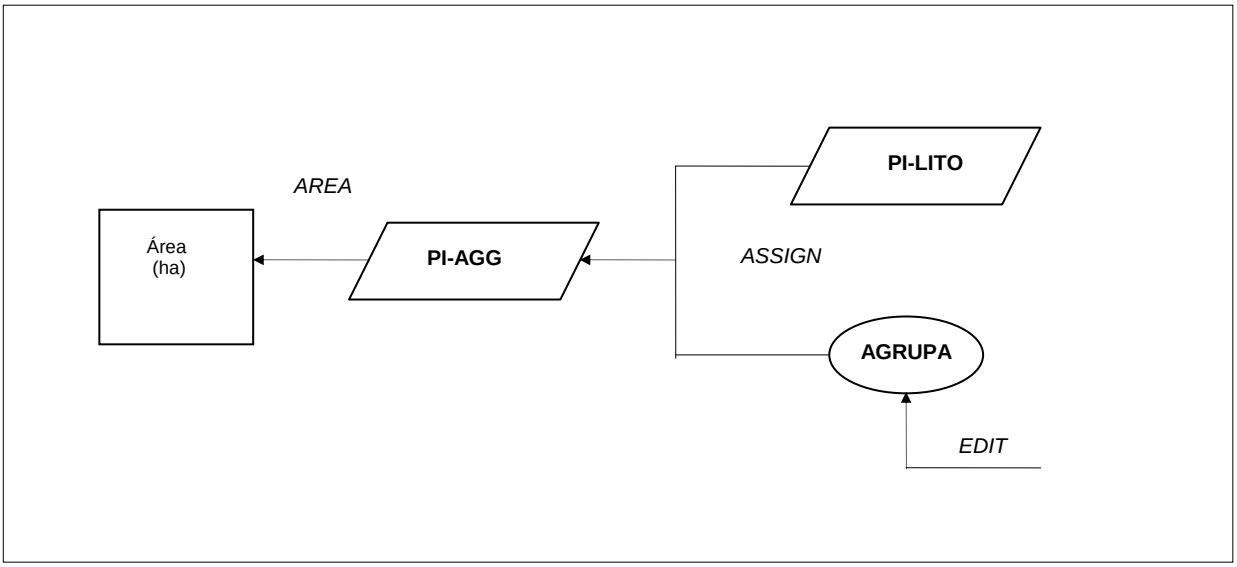

Figura 10.3 - Modelo cartográfico para a determinação do PI-AGG.

10.3 – PLANO DE INFORMAÇÃO MATERIAL DE ORIGEM DOS AGRUPAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS – PI - OAGG

Esse plano de informação, também temático, tem a finalidade de identificar o material de origem correspondente a cada agrupamento geológico-geotécnico e é gerado a partir da reclassificação da imagem do PI-AGG.

Para o município de Porto Alegre (RS), o PI-OAGG (figura 10.4) foi obtido pela reclassificação do PI-AGG em três classes temáticas: substrato granítico, substrato sedimentar e aterro, utilizando um modelo cartográfico similar ao plano de informação anterior (figura 10.5).

A tabela 10.2 apresenta o resultado em hectares obtido pela quantificação das classes temáticas do referido PI.

Tabela 10.2 - Quantificação das áreas das classes referentes ao PI-OAGG

ID_CLASSE	DESCRIÇÃO	ÁREA (ha)	%
1	Substrato granítico	18.028,08	37,75
2	Substrato sedimentar	29129,22	60,98
3	Aterro	606,06	1,27
Total		47.763,36	100

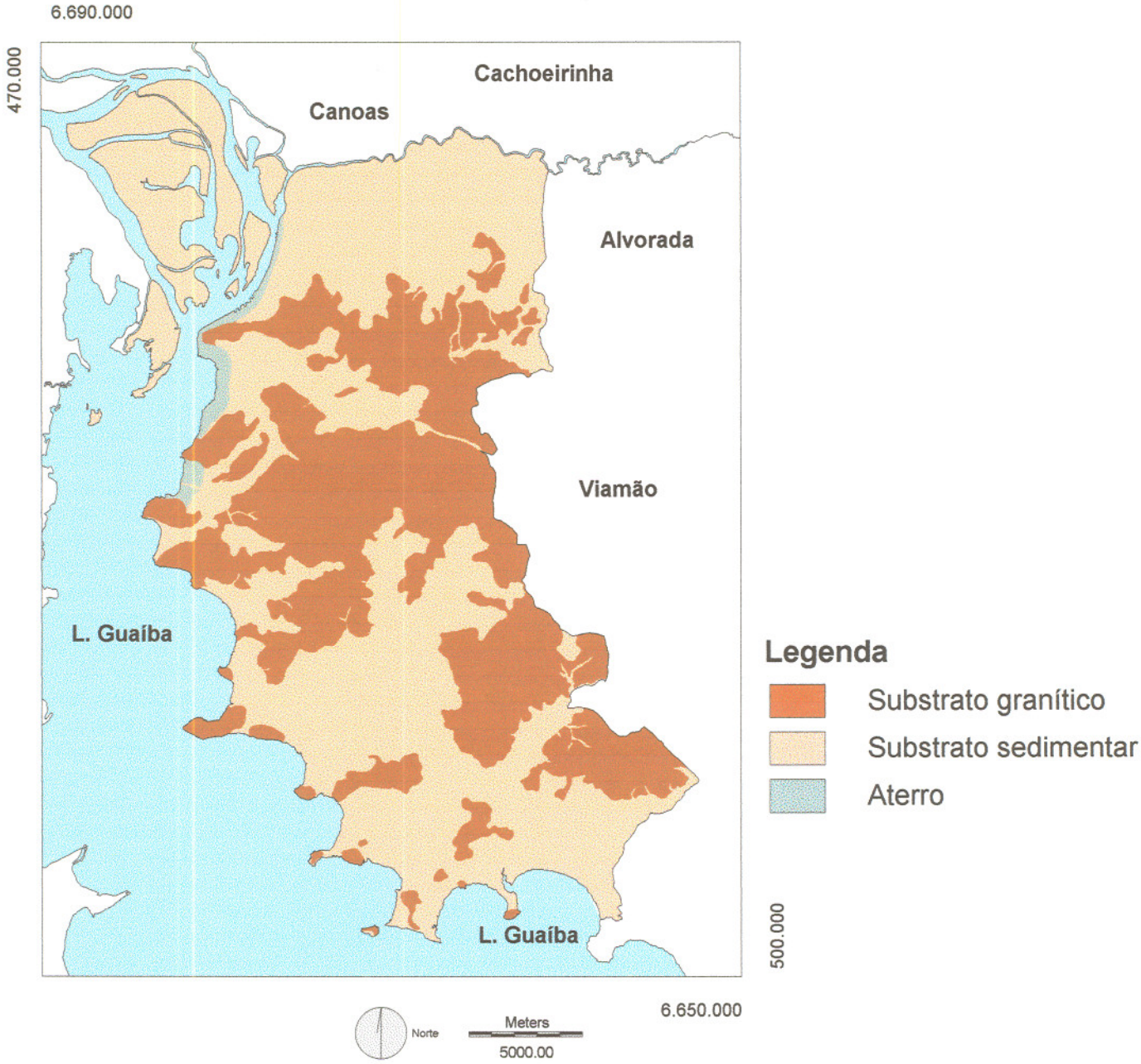

Figura 10.4 - Plano de informação com o material de origem dos agrupamentos geológico-geotécnicos, PI-OAGG.

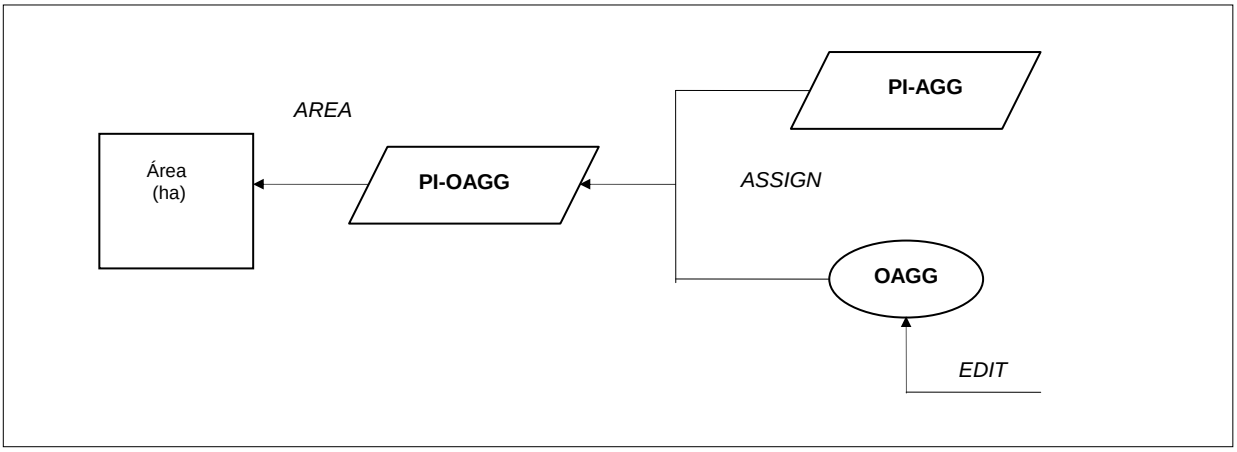

Figura 10.5 - Modelo cartográfico para a determinação do PI-OAGG.

10.4 - PLANO DE INFORMAÇÃO MDT FATIADO – PI - MDTFA

Esse plano de informação apresenta o modelo digital do terreno da área de estudo fatiado em intervalos de altitudes com a finalidade de facilitar a visualização e a análise da topografia do terreno.

Para o municípo de Porto Alegre (RS), o fatiamento do MDT foi obtido a partir da reclassificação da imagem do PI-MDT, por meio do módulo *RECLASS*, disponível no IDRISI[@] e que permite a reclassificação de uma imagem com dados reais. Após a reclassificação, procedeu-se o mascaramento da imagem temporária MDTFA1 com o PI-MASCARA. Aqui, o mascaramento teve a finalidade de fornecer novamente o valor zero aos *pixels* de fundo da imagem, temporariamente reclassificados também como valor 1. A figura 10.6 mostra o modelo cartográfico correspondente a geração do PI-MDTFA, apresentado na figura 10.7.

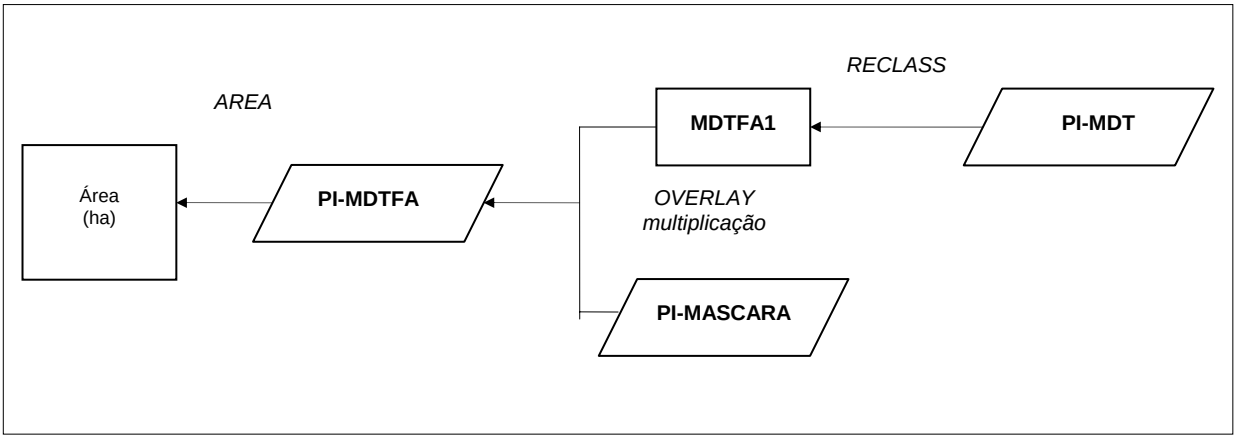

Figura 10.6 - Modelo cartográfico para determinação do PI-MDTFA.

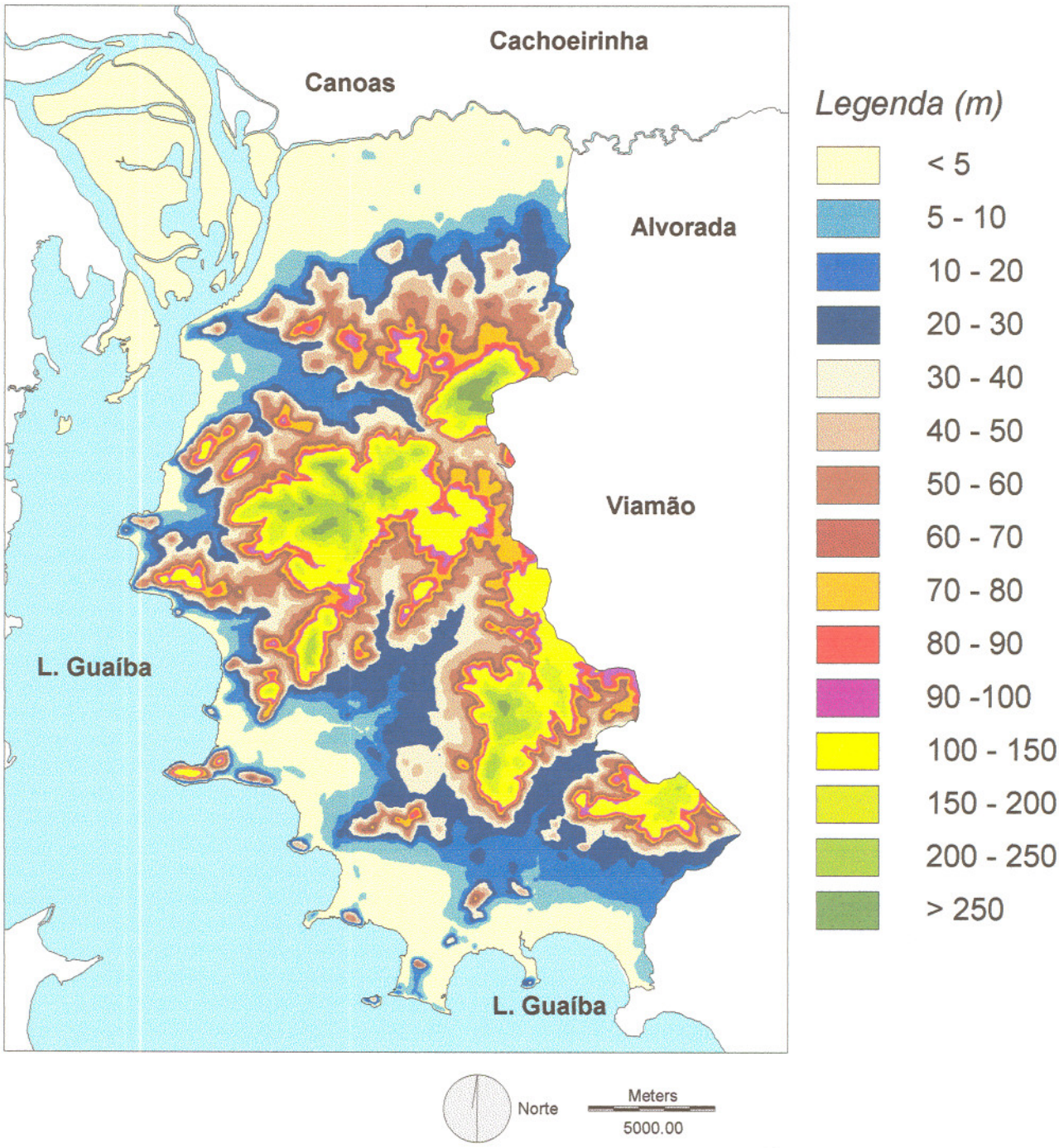

Figura 10.7 - Modelo digital do terreno fatiado para o município de Porto Alegre (RS), PI-MDTFA.

A tabela 10.3 apresenta os intervalos de altitude referente às quinze novas classes temáticas utilizadas para a reclassificação do PI-MDT, bem como a quantificação das suas áreas.

Tabela 10.3 - Quantificação das áreas do modelo digital do terreno fatiado

ID_CLASSE	INTERVALOS DE ALTITUDE(m)	ÁREA (ha)	%
1	< 5	13.065,66	27,35
2	5 - 10	3.298,68	6,91
3	10 - 20	4.136,58	8,66
4	20 - 30	4.746,60	9,94
5	30 - 40	3.434,94	7,19
6	40 - 50	3.667,05	7,68
7	50 - 60	3.142,35	6,58
8	60 - 70	1.801,98	3,77
9	70 - 80	1.937,88	4,06
10	80 - 90	1.361,07	2,85
11	90 -100	1.075,68	2,25
12	100 - 150	3.340,35	6,99
13	150 - 200	1.533,06	3,21
14	200 - 250	945,99	1,98
15	>250	275,49	0,58
Total		47.763,36	100,00

10.5 – PLANO DE INFORMAÇÃO DECLIVIDADES – PI - DECL

O plano de informação declividades apresenta, na forma de uma imagem raster, o valor das declividades que ocorrem na área de estudo e que são de grande importância para várias análises previstas ao longo da metodologia proposta.

De acordo com Burrough (1986), a declividade (*slope*) de um ponto pertencente a uma superfície gerada por meio da modelagem digital do terreno pode ser definida como o valor do ângulo, formado com a horizontal, de um plano tangente a esse ponto. O valor da declividade representa, portanto, a razão da variação da altitude do terreno (Aronoff, 1991).

Normalmente, o valor da declividade para cada *pixel* ou elemento de uma imagem de modelo digital do terreno (MDT) é calculada em percentuais, a partir da comparação da sua

altitude com a altitude dos quatro *pixels* vizinhos mais próximos. Para isso, a declividade é determinada na direção x e na direção y, sendo adotado o maior valor, denominado gradiente ou declividade propriamente dita (Burrough, 1986), figura 10.8.

Nesse trabalho, os valores das declividades são gerados no IDRISI@, pela aplicação do módulo *SURFACE*, opção *SLOPE*, sobre o MDT da área de estudo.

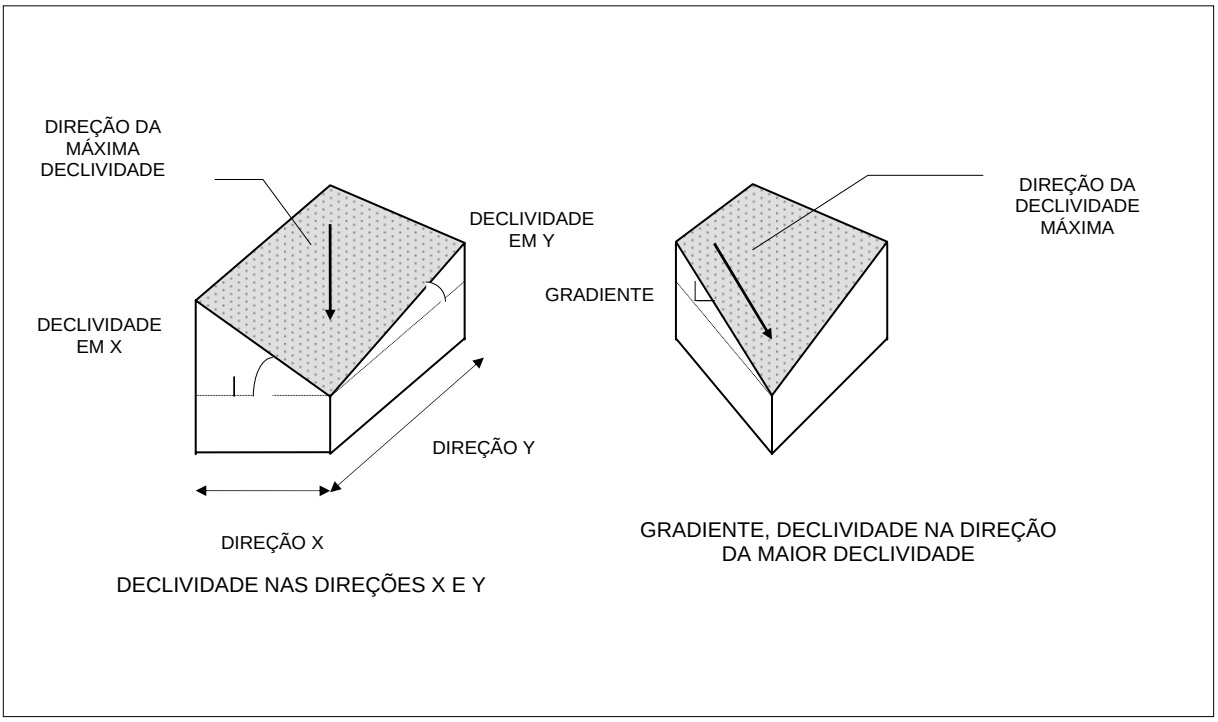

Figura 10.8 - Medidas de declividades (Aronoff, 1991).

Para o município de Porto Alegre (RS), as declividades foram determinadas a partir da imagem MPOA30.IMG (item 9.3.5, Capítulo 9) e não da imagem final do PI-MDT, tendo em vista que a primeira imagem não sofreu mascaramento. Dessa forma, foram evitados valores distorcidos de declividades, principalmente, na fronteira leste da área do município. Nessa região da imagem do PI-MDT, os *pixels* correpondentes aos valores elevados de altitude são adjacentes aos *pixels* de fundo da imagem com valores iguais a zero, o que poderia induzir declividades muito altas em desacordo com a realidade do terreno. Por esse motivo, a imagem com as declividades resultantes sofreu um mascaramento com o PI-MÁSCARA.

A figura 10.9 mostra a imagem do referido plano de informação, enquanto o modelo cartográfico utilizado pode ser visto na figura 10.10.

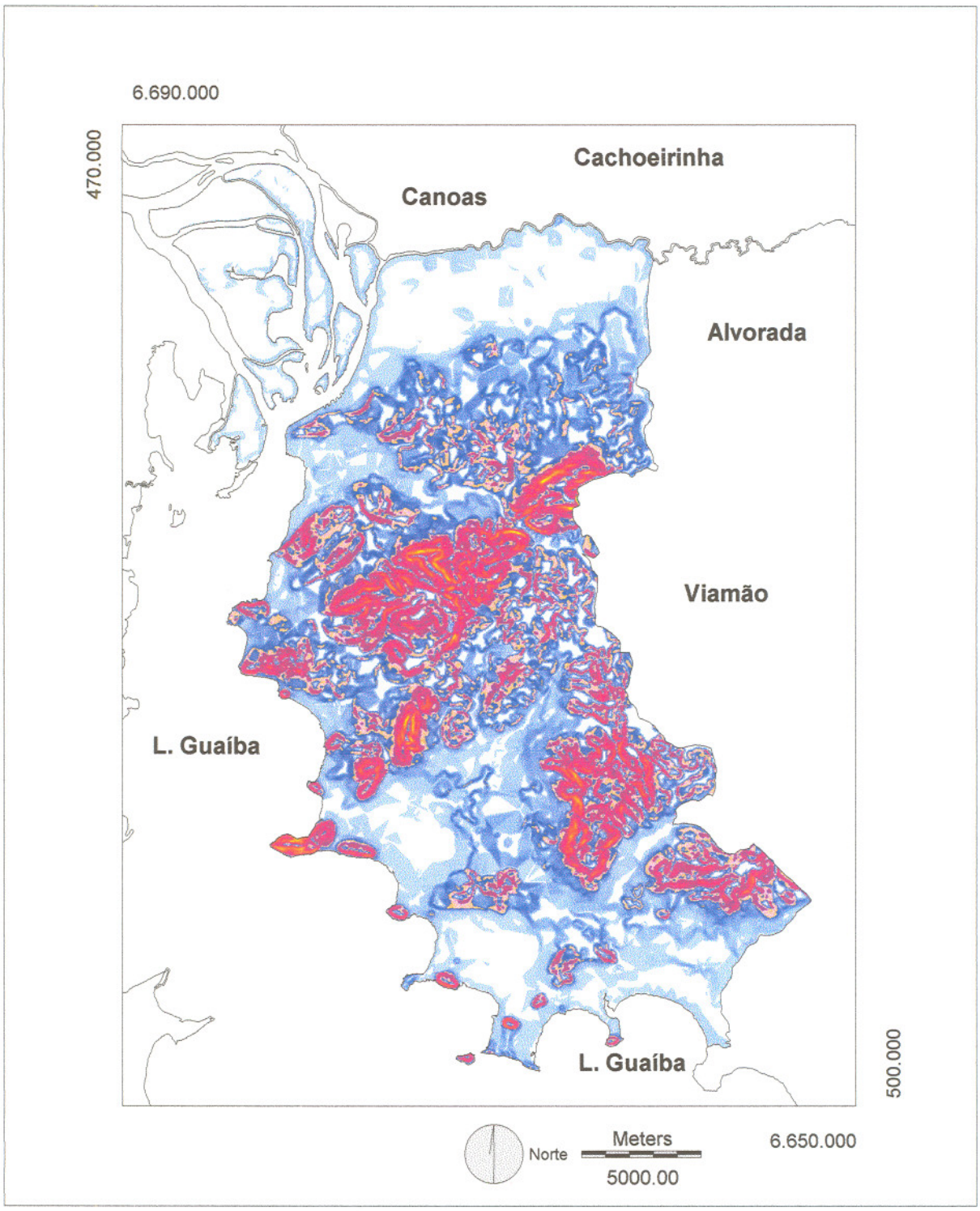

Figura 10.9 - PI - DECL, com as declividades na área teste. Os valores de declividades estão representados escalonadamente por faixas de cores. Nas áreas do município representadas em cor branca as declividades atingem no máximo 0,5%; em azul claro: 2%, azul escuro: 8%, rosa: 13%, vermelho: 35% e amarelo: 60%.

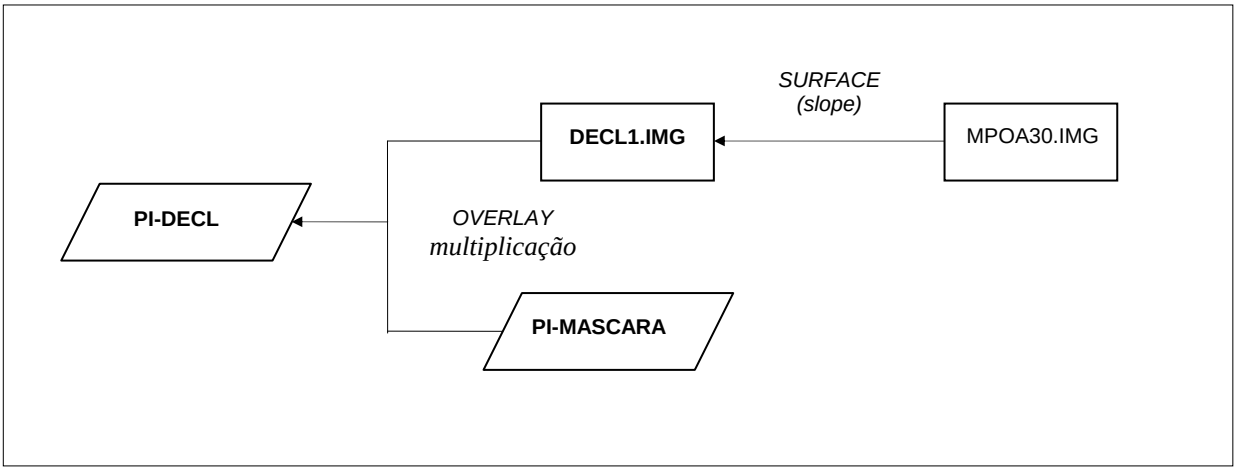

Figura 10.10 - Modelo cartográfico para a determinação do PI-DECL.

10.6 – PLANO DE INFORMAÇÃO ISODECLIVIDADES 1 – PI - ISOD1

O PI-ISOD1 tem por finalidade o fatiamento do PI-DECL em intervalos de isodeclividades para facilitar visualmente a distribuição espacial dos valores de declividade na área de estudo.

Os procedimentos para a geração desse plano de informação são semelhantes aos descritos no item 10.4 e estão esquematizados no modelo cartográfico da figura 10.11.

A imagem do PI-ISOD1 para o município de Porto Alegre (RS) pode ser vista na figura 10.12 e a quantificação de áreas e os intervalos de isodeclividades utilizados, na tabela 10.4.

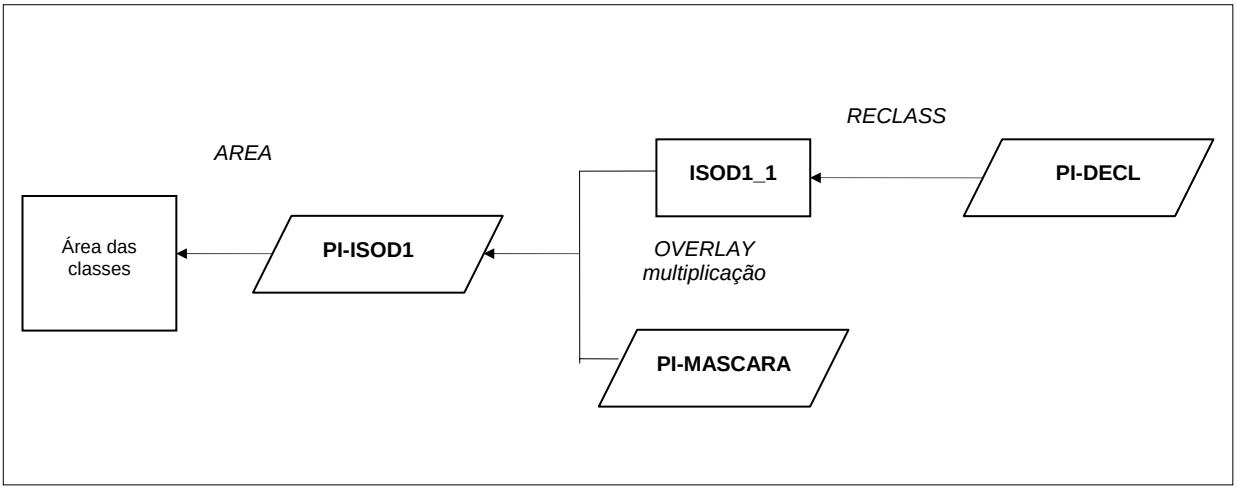

Figura 10.11 - Modelo cartográfico para determinação do PI-ISOD1 (Isodeclividades 1).

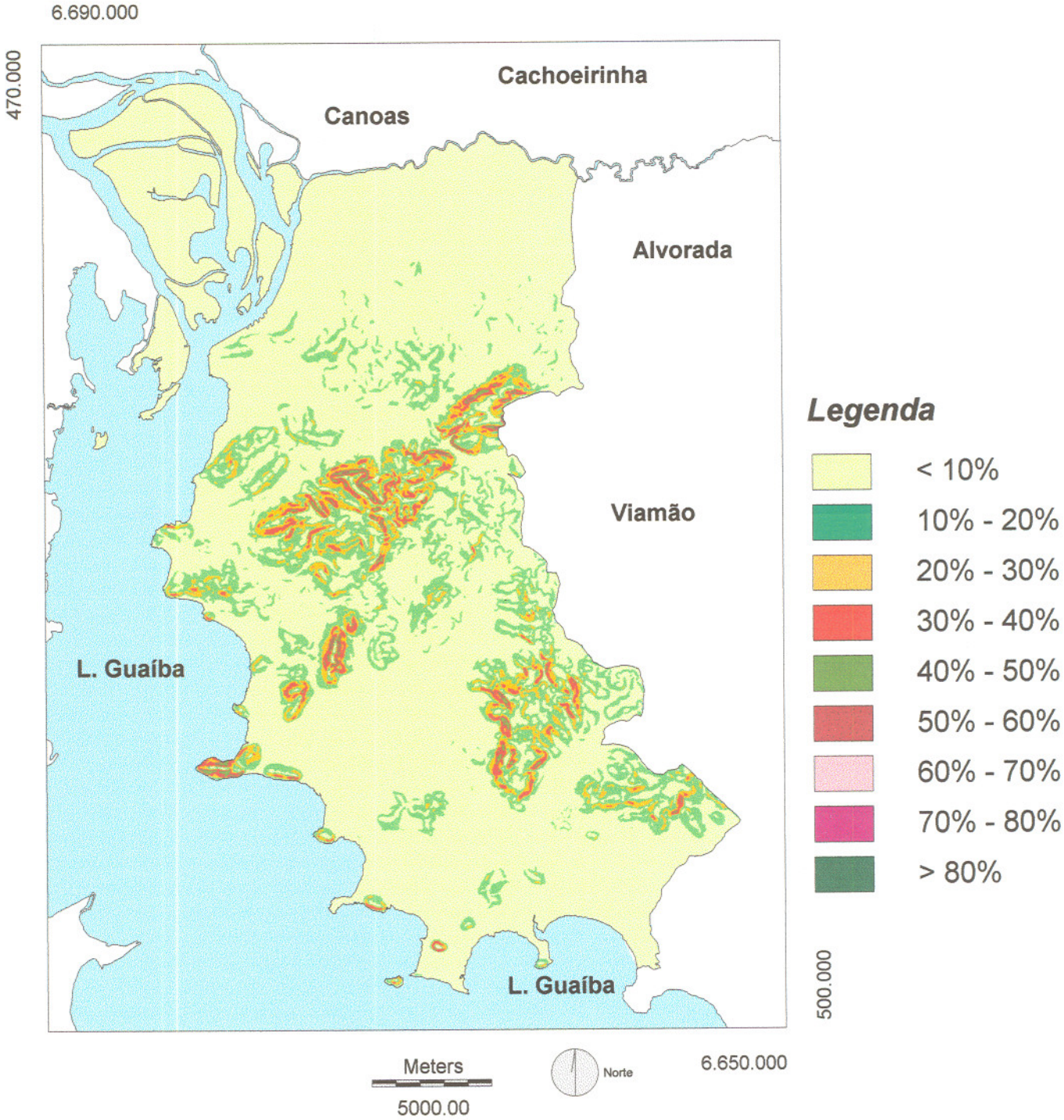

Figura 10.12 - Plano de informações Isodeclividades 1, PI-ISOD1.

Tabela 10.4 - Intervalos de isodeclividades e quantificação das áreas do PI-ISOD1

ID_CLASSE	INTERVALOS DE ISODECLIVIDADES 1	ÁREA (ha)	%
1	0% - 10%	37470.51	78.455
2	10% - 20%	7018.02	14.693
3	20% - 30%	2307.24	4.830
4	30% - 40%	756.54	1.583
5	40% - 50%	184.86	0.387
6	50% - 60%	23.22	0.048
7	60% - 70%	0.72	0.001
8	70% - 80%	0.9	0.001
9	> 80%	1.35	0.002
Totais		47763.36	100.00

10.7 – PLANO DE INFORMAÇÃO ISODECLIVIDADES 2 – PI - ISOD2

O PI-ISOD2 tem por objetivo determinar as isodeclividades do terreno visando a análise da ocupação urbana. Para isso, utiliza os seguintes intervalos de isodeclividades:

— **Classe 1: favorável à ocupação urbana, 0% <= declividades <= 15% -** Intervalo de declividades considerado ótimo à ocupação urbana segundo a Kansas Geological Survey (Coelho, 1980, apud Maciel Filho, 1989). O limite superior desta classe (15%) é o valor máximo indicado por Hofmann (1976) para o desenvolvimento urbano. Esse limite é também considerado o máximo tolerável para a inclinação longitudinal das vias locais de circulação de veículos (IPT, 1991). Ainda de acordo com Coelho (1980), apud Maciel Filho (1989), o declive de 15% é normalmente adotado como fronteira da prática corrente da engenharia civil. Cabe lembrar, no entanto, que dentro desse intervalo, as áreas com declividades entre 0% a 2%, embora adequadas ao uso urbano, podem apresentar problemas relacionados à drenagem e a risco de inundações (Cooke e Doornkamp, 1974, apud Maciel Filho, 1989). Por outro lado, as áreas cujas declividades encontram-se entre 2% e 5% proporcionam uma minimização de custos das obras de infra-estrutura urbana e das edificações e, entre 5% e 15%, implicam em "condições progressivamente desfavoráveis" à ocupação urbana, além resultarem em custos crescentes (Coelho, 1980, apud Maciel Filho, 1989).

— **Classe 2: restrita à ocupação urbana, 15% < declividades < 30% -** Nesse intervalo de declividades são frequentemente necessárias soluções técnicas não convencionais para as obras de engenharia civil, como por exemplo, o uso de fundações adequadas ou a construção de obras de contenção (Coelho (1980), apud Maciel Filho (1989). Pode ser exigido também a

análise de estabilidade devido a possibilidade de ocorrência de escorregamentos. Devem ser considerados ainda a presença de solos com suscetibilidade à processos erosivos, além da elevação dos custos da infra-estrutura básica.

— Classe 3: não permitida a ocupação urbana, declividades > = 30% - Referem-se às áreas que apresentam restrição ao parcelamento urbano de acordo com a Lei Federal 6766/79, salvo se atendidas as exigências específicas das autoridades competentes.

O PI-ISOD2, resulta da reclassificação das declividades do PI-DECL em função dos intervalos especificados nas três classes mencionadas acima e posterior mascaramento (figura 10.13).

Para o município de Porto Alegre (RS), a imagem do PI-ISOD2 está mostrada na figura 10.14 e a quantificação das suas classes temáticas na tabela 10.5.

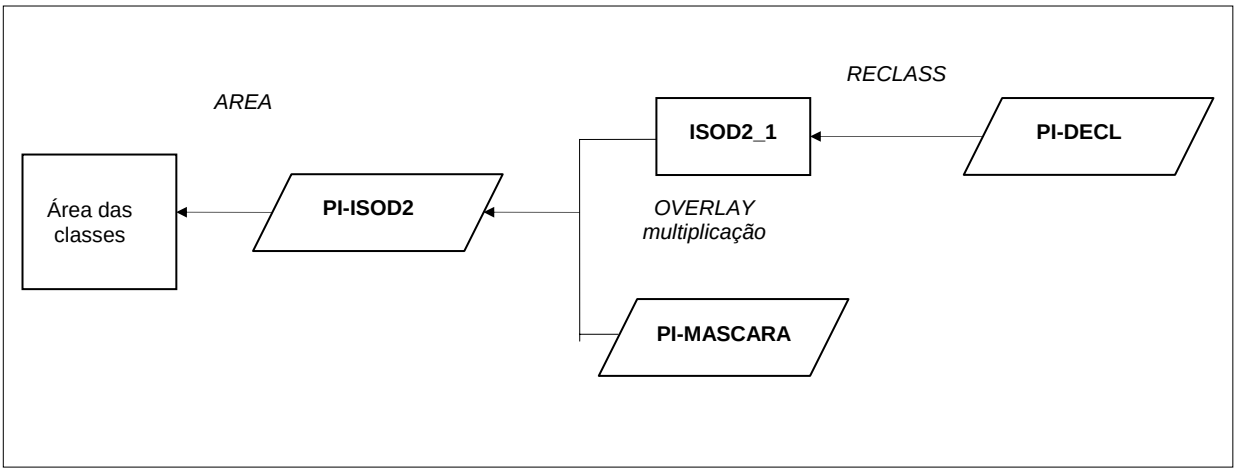

Figura 10.13 - Modelo cartográfico para a obtenção do PI-ISOD2 (Isodeclividades 2).

Tabela 10.5 - Quantificação das áreas ocupadas pelas classes de isodeclividades 2 no município do Porto Alegre (RS).

ID_CLASSE	INTERVALOS DE ISODECLIVIDADES 2	ÁREA (ha)	%
1	d < = 15%	42.111,89	88,0
2	15% < d < 30%	4.681,44	9,8
3	d > = 30%	969,03	2,2
	Total	47.762,36	100

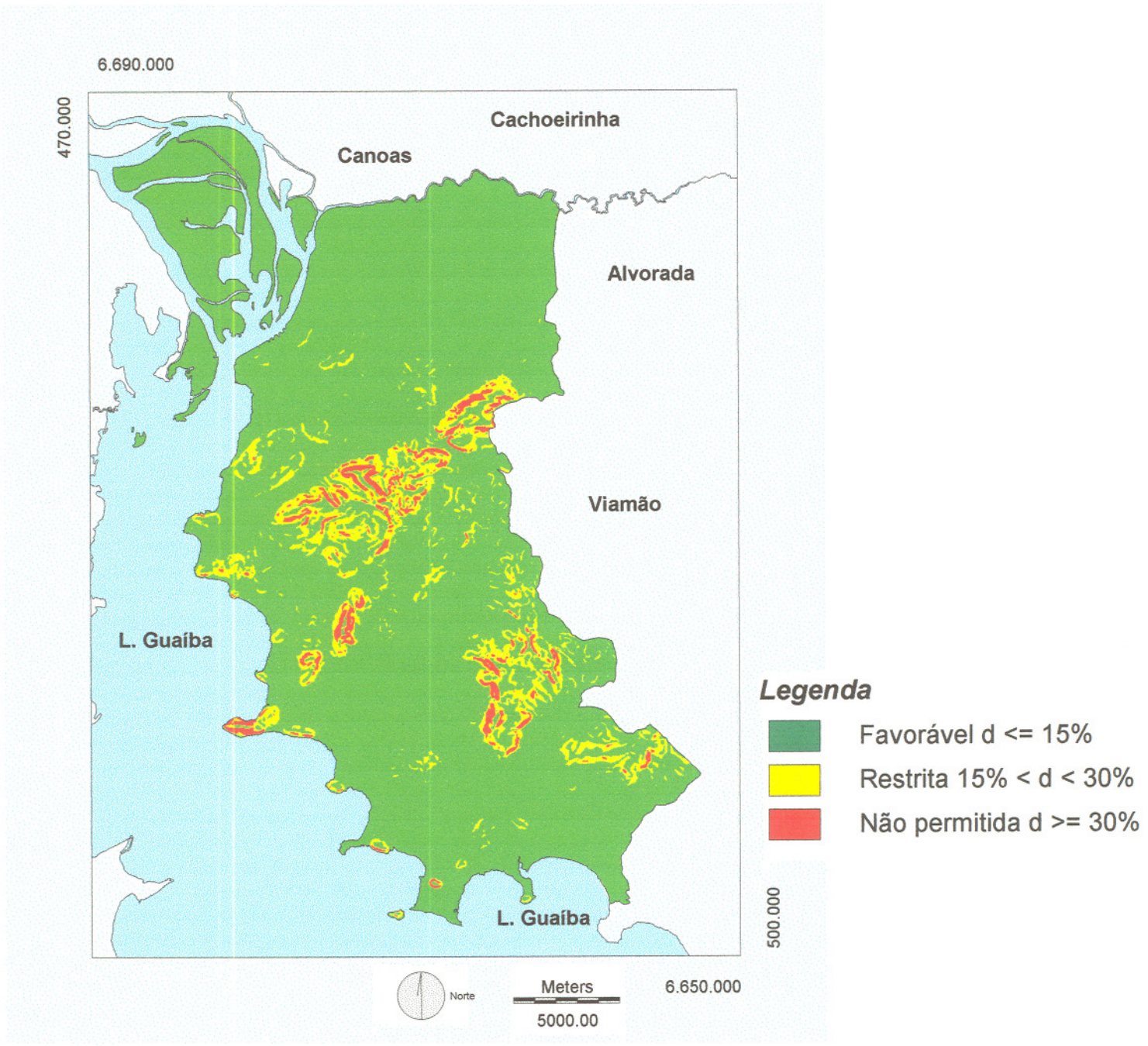

Figura 10.14 - Plano de informações Isodeclividades 2, PI-ISOD2, com o fatiamento das declividades em função do uso urbano do solo.

10.8 – PLANO DE INFORMAÇÃO RELEVO – PI - REL

O PI-REL tem por finalidade a classificação da área de estudo segundo as classes de relevo propostas por Lemos & Santos (1984): a) classe 1, relevo plano, declividades menores que 3%; b) classe 2, relevo suavemente ondulado, declividades entre 3 e 8%; c) classe 3, relevo ondulado, declividades entre 8 e 20%; d) classe 4, relevo forte ondulado, declividades entre 20 e 45%; e) classe 5, relevo montanhoso, declividades entre 45 e 75%; f) classe 6, relevo escarpado, declividades superiores a 75%.

Os procedimentos realizados para a geração do PI-REL são semelhantes aos empregados na determinação do PI-ISOD1 e ISOD2, conforme pode ser visto na figura 10.15.

Para o município de Porto Alegre (RS) o PI-REL está representado na figura 10.16, enquanto a tabela 10.6 traz quantificadas as áreas de cada classe de relevo mapeada.

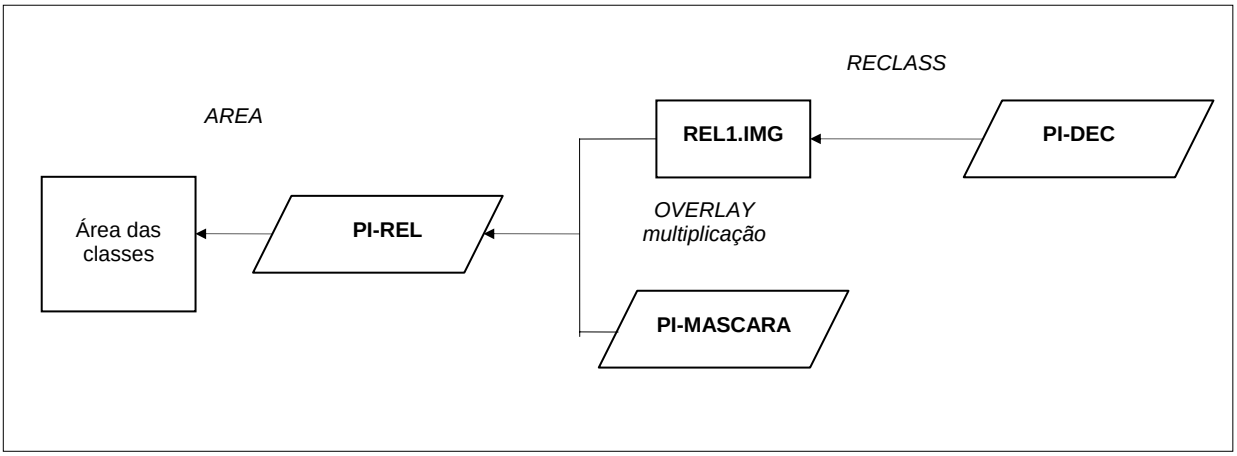

Figura 10.15 - Modelo cartográfico para a obtenção do PI-REL.

Tabela 10.6 - Quantificação das áreas do PI-REL no município do Porto Alegre(RS).

ID_Classe	Descrição	Área (ha)	%
1	Plano	25.148,97	52,65
2	Suavemente Ondulado	9.629,64	20,16
3	Ondulado	9.713,16	20,34
4	Forte Ondulado	3.187,35	6,67
5	Montanhoso	82,35	0,17
6	Escarpado	1,89	0,01
Total		47.763,36	100,00

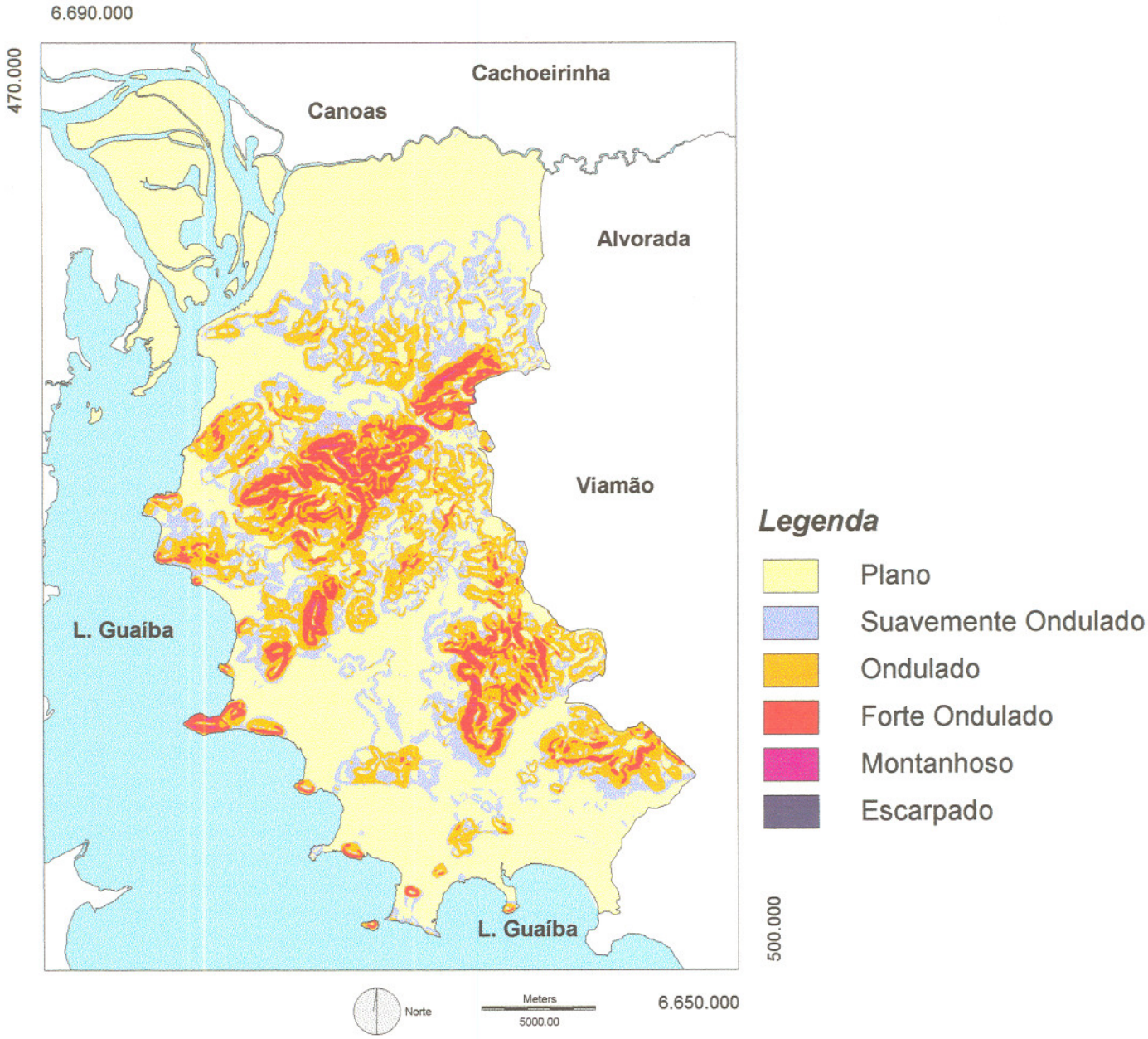

Figura 10.16 - Plano de informação, para o município de Porto Alegre (RS), com as classes de relevo propostas por Lemos & Santos (1984), PI-REL.

10.9 – PLANO DE INFORMAÇÃO FATOR TOPOGRÁFICO – PI - LS

O PI-LS tem por finalidade fornecer subsídios para o cálculo da suscetibilidade à erosão potencial da área de estudo.

O fator topográfico (LS) é um dos aspectos do meio físico considerado na Equação Universal de Perdas dos Solos, proposta por Wischmeier & Smith (1962). De acordo com Ferrari *et al.* (1996), o fator topográfico sintetisa a energia do relevo, representada pela declividade e pelo comprimento de rampa e exerce forte influência na erosão dos solos, pois afeta a velocidade e o volume de escoamento superficial.

Tradicionalmente, a determinação do fator topográfico (LS) envolve a elaboração manual de mapas de isovalores de declividades e comprimentos de rampa. Trata-se de um procedimento demorado, que utiliza medidas obtidas por meio de gabaritos a partir de mapas topográficos. Por isso, a presente metodologia utiliza para a sua determinação o método automático proposto por Risso & Chevallier (1991).

Por esse processo, os parâmetros L (comprimento de vertente ou de rampa) e S (declividade de vertente) são obtidos no computador a partir do modelo digital do terreno (MDT) da área de estudo. De acordo com Risso & Chevallier (1991) a estimativa da declividade média (S) e do comprimento médio da vertente (L) é calculado a partir da matriz de orientações de fluxo (Jenson *et al.*, 1988). O início das vertente são todas as células que não apresentam nenhum vizinho orientado em sua direção, isso é, que possuam fluxo acumulado igual a zero. Os cálculos da declividade, do comprimento da vertente a montante e, posteriormente, do fator topográfico (LS) são determinados para cada célula, seguindo o caminho dado pela orientação de cada elemento da imagem. Uma descrição detalhada do método encontramos em Risso & Chevallier (1991).

Para o município de Porto Alegre (RS) o fator LS foi determinado a partir do PI-MDT, gerado na Etapa 8 da metodologia (item 9.3.5, Capítulo 9). A imagem resultante foi em seguida reclassificada a partir da análise do seu histograma e mascarada pelo PI-MÁSCARA. A imagem final do fator LS pode ser vista na figura 10.17.

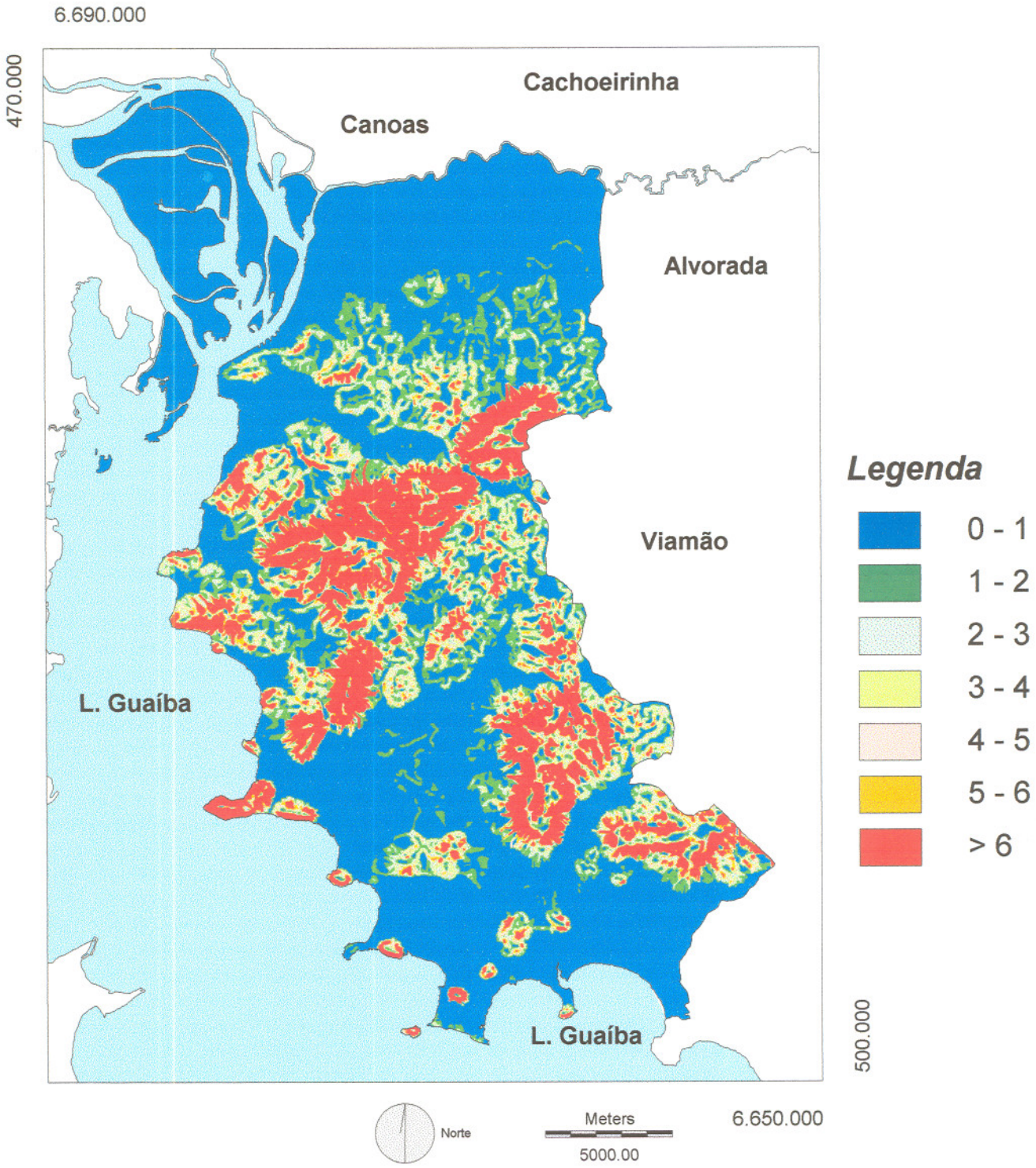

Figura 10.17 - PI - LS com a imagem relativa ao fator topográfico (LS) para o município de Porto Alegre (RS). Quanto maior o valor de LS, maior a energia potencial do relevo e, consequentemente, maior a contribuição da topografia para a suscetibilidade à erosão laminar. Os valores de LS entre 0 e 2 são considerados nulos; entre 2 e 5, baixos; entre 5 e 6, médios e maiores do que 6, altos.

10.10 – PLANO DE INFORMAÇÃO ERODIBILIDADE DOS SOLOS – PI - ERODIB

O plano de informação erodibilidade dos solos, a exemplo do PI anterior, visa o cálculo da suscetibilidade à erosão potencial na área de estudo por meio da Equação Universal de Perdas dos Solos (Wischmeier & Smith,1962).

A erodibilidade dos solos (K) é o resultado de características morfológicas, físicas, químicas, biológicas e mineralógicas dos solos como textura, estrutura, gradiente textural, espessura e permeabilidade, indicando a sua maior ou menor suscetibilidade à erosão.

De acordo com Salomão (1992), a textura influi no potencial das enxurradas e na remoção das partículas de solo, pois age na capacidade de infiltração e absorção da água da chuva e na coesão do solo; a estrutura age na capacidade de infiltração e absorção das águas pluviais e na capacidade de remoção das partículas do solo; o gradiente textural e a espessura do solo, influenciam na capacidade de infiltração e no fluxo das águas superficiais e subsuperficiais, enquanto fatores como permeabilidade, densidade e porosidade implicam na maior ou menor capacidade de infiltração das águas de chuva. O autor salienta ainda que a remoção de partículas do solo pela ação da água, está relacionada ainda com propriedades químicas, biológicas e mineralógicas que influenciam no estado de agregação e coesão entre as mesmas.

Para o município de Porto Alegre (RS), esse PI, mostrado na figura 10.18, foi gerado a partir da aplicação dos valores de índices relativos de erodibilidade do solos (Tabela 10.7) ao PI-SOLOS, de acordo com o modelo cartográfico da figura 10.19.

Tabela 10.7 - Índices relativos de erodibilidade dos solos (adaptado de Salomão, 1992)

UNIDADE DE SOLO	ÍNDICE RELATIVO DE ERODIBILIDADE	CLASSE DE ERODIBILIDADE
R	0,54	alta
R/PV	0.48	alta/moderada
PV	0,43	moderada
PL/PV	0.21	baixa/moderada
PL, A, HO, HG	0,1	baixa

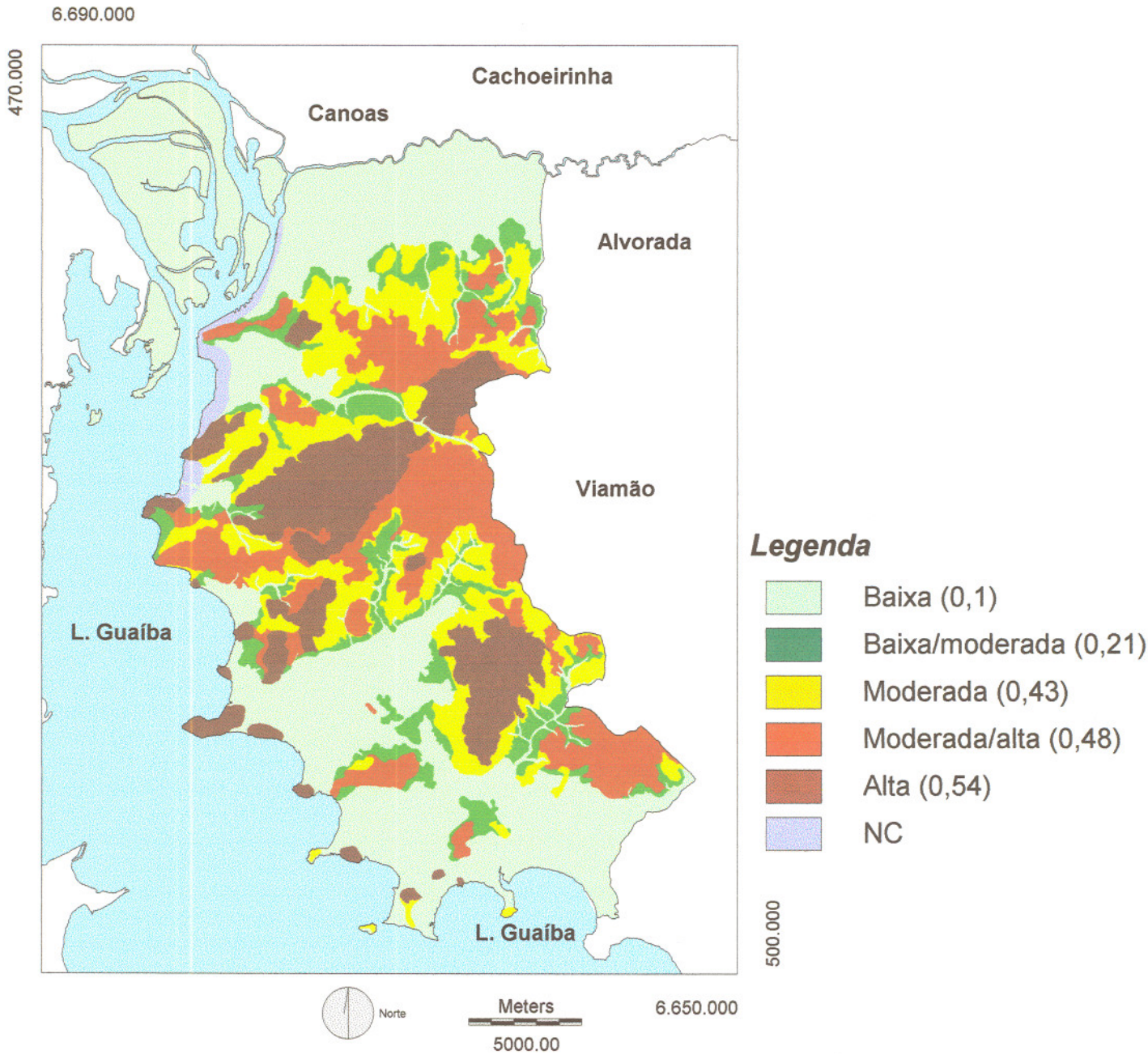

Figura 10.18 - Plano de informação erodibilidade do solo para o município de Porto Alegre (RS), PI-ERODIB.

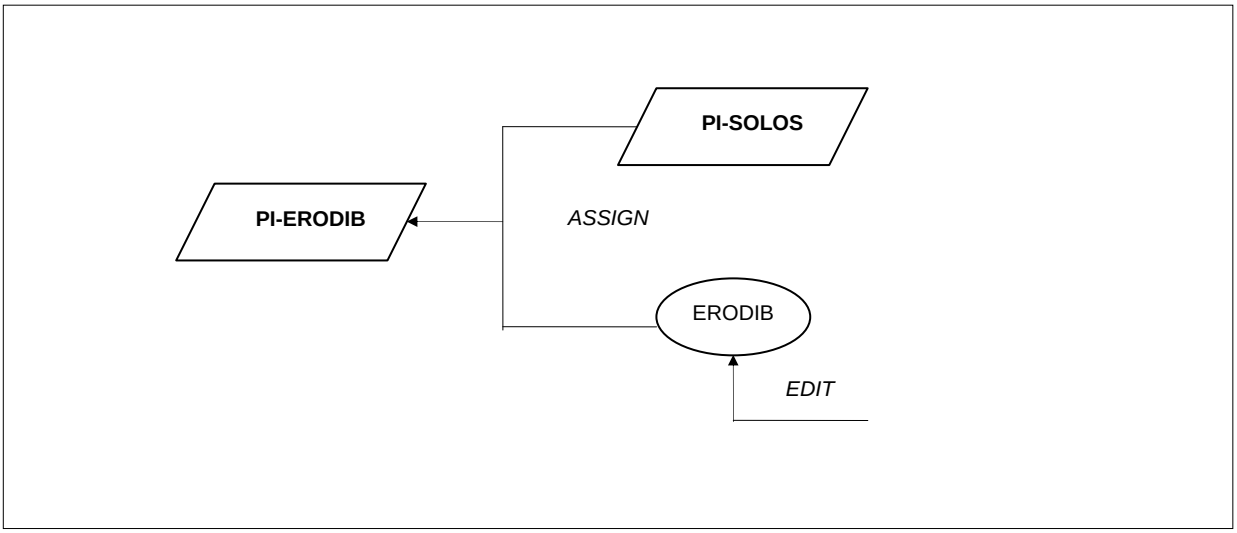

Figura 10.19 - Modelo cartográfico para determinação do PI-ERODIB.

Capítulo 11

IMPLEMENTAÇÃO DE TÉCNICAS DE SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS - PIS ASSOCIADOS (I)

11.1 – INTRODUÇÃO

A geração dos planos de informações denominados associados nessa metodologia, constitui a última fase da Etapa 8, Implementação de Técnicas de SIG, e caracteriza a integração de dados propriamente dita.

Para a criação dos PIs associados torna-se necessário o estabelecimento de modelos específicos ou regras de cruzamentos que combinem os PIs originais e derivados ou até mesmo os PIs associados que vão sendo obtidos pela aplicação da metodologia. Esses modelos, desenvolvidos de acordo modelo conceitual geral definido na Etapa 1, utilizam o tipo de modelamento dirigido pelo conhecimento, mencionado no item 2.3.2, Etapa 2, Capítulo2.

Assim, as novas informações integrantes dos planos de informações associados resultam de **operações lógicas** (união, intersecção ou negação) ou **operações algébricas** (soma, subtração, multiplicação ou divisão) entre as classes de dois ou mais PIs.

Nessa metodologia os planos de informações associados visam à estimativa das unidades geotécnicas, o estudo da evolução e a análise da mancha urbana, a determinação de aptidões de uso do solo, da suscetibidade à erosão laminar potencial e o mapeamento das áreas de risco.

O presente capítulo trata especialmente da estimativa das unidades geotécnicas para a área de estudo, da evolução urbana em um determinado período e da interação da mancha urbana com aspectos do meio físico mapeados em diferentes planos de informações.

11.2 - PLANO DE INFORMAÇÃO ESTIMATIVA DAS UNIDADES GEOTÉCNICAS – PI - UNGEOS

O PI-UNGEOS, com a estimativa das unidades geotécnicas, resulta da integração dos PIs referentes aos agrupamentos geológico-geotécnicos e às unidades de solos, seguindo os procedimentos estabelecidos por Davison Dias (1995) e descritos resumidamente no Capítulo 2. Portanto, cada unidade geotécnica (UNGEO) é o resultado de uma combinação única de um agrupamento geológico-geotécnico com uma unidade de solo.

No IDRISI@, a combinação de imagens referentes a dois planos de informações pode ser procedida pela operação denominada **classificação cruzada**, disponível no módulo *CROSSTAB*, menu *ANALYSIS/STATISTICS*. O resultado é uma nova imagem baseada em todas as combinações possíveis dos valores das duas imagens originais. Para a estimativa das unidades geotécnicas está imagem precisa posteriormente ser editada e reclassificada de modo a representar efetivamente as condições existentes no meio físico.

Para o município de Porto Alegre a classificação cruzada entre o PI-AGG e o PI-SOLOS resultou na imagem denominada UNGEOS1. Cada classe dessa nova imagem, como mostra de modo parcial a legenda da figura 11.1, recebeu automaticamente um identificador próprio (coluna da esquerda), que representa o produto da combinação única de um agrupamento geológico-geotécnico (coluna central) com uma unidade de solo (coluna da direita). A relação completa de todas as classes obtidas na classificação cruzada pode ser vista na imagem UNGEOS1, no CD-ROM em anexo.

Em seguida, foi realizada a identificação e a análise das classes geradas no computador por meio dos seguintes procedimentos:

a) substituição da legenda da imagem UNGEOS1 por siglas que identificassem adequadamente cada uma das classes obtidas de acordo com a simbologia para unidades geotécnicas proposta por Davison Dias (1995) e mostrada na figura 2.1 (Capítulo 2);

b) identificação das classes relativas às unidades geotécnicas consistentes;

As classes geradas na classificação cruzada foram consideradas representantes de unidades geotécnicas consistentes quando retratavam as características do meio físico com possibilidade real de ocorrência na área de estudo. Como exemplo, pode ser citada a classe 7 da imagem UNGEOS1 que correspondeu a uma unidade geotécnica constituída por solo podzólico vermelho-amarelo (PV) e agrupamento geológico-geotécnico formado por rochas graníticas (g1 - monzogranitos porfiríticos cinzentos).

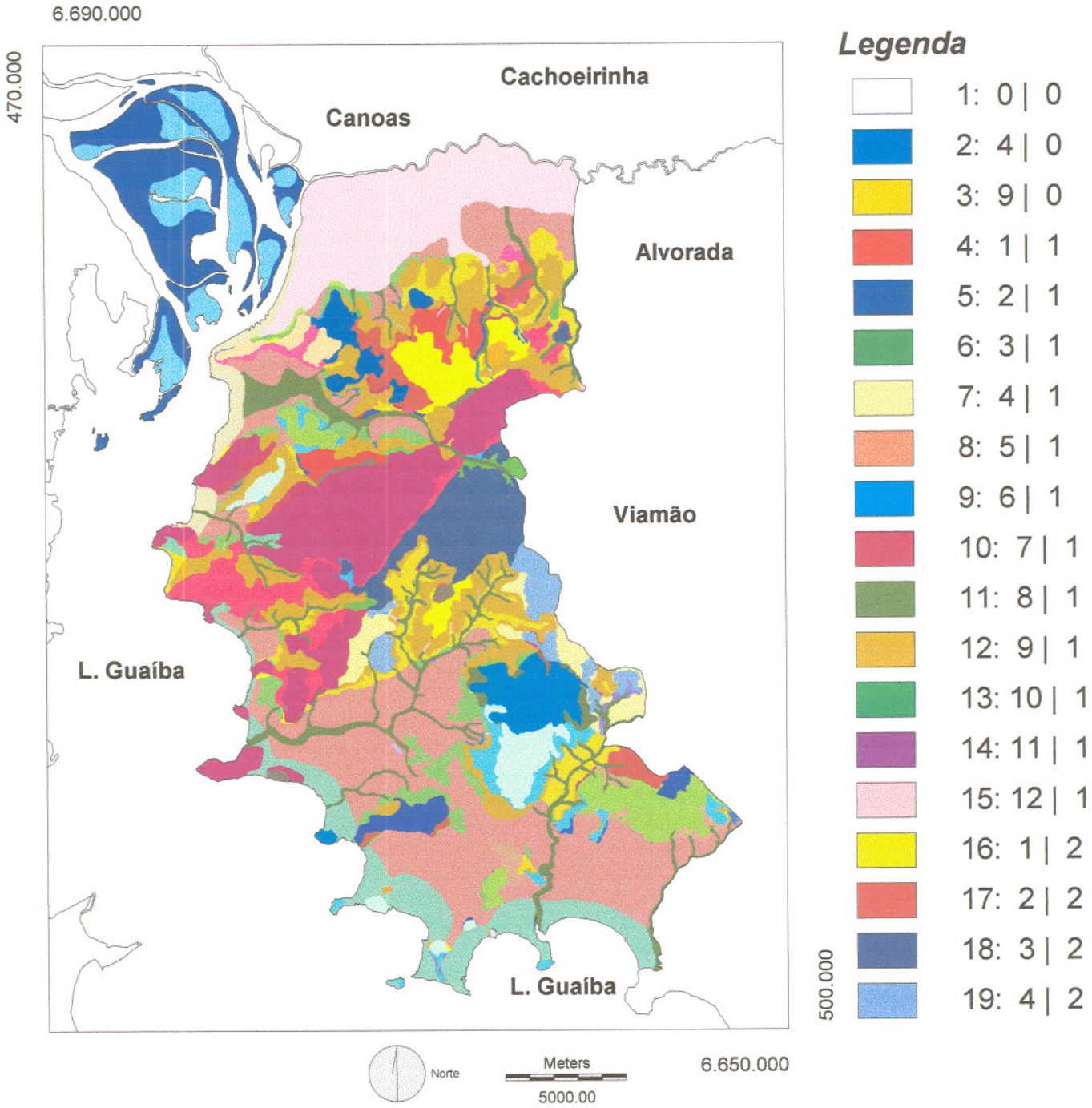

Figura 11.1 - Imagem UNGEOS1 resultante da classificação cruzada do PI-AGG com o PI-SOLOS. A primeira coluna da legenda mostra os identificadores das novas classes geradas, enquanto as coluna central e da direita representam, respectivamente, o agrupamento geológico-geotécnico e a unidade de solo originais.

Por outro lado, a classe 37, na mesma imagem, foi um exemplo de uma classe não consistente, pois não ocorre no meio físico. Representava solos litólicos (R) sobrepostos a depósitos fluviais (sq4).

Cabe ressaltar que as classes denominadas não consistentes correspondiam a diferenças no traçado das fronteiras entre as classes temáticas dos dois PIs combinados, traduzindo imprecisões normalmente existentes nos mapas sobre o meio físico. Portanto, em analogia com as correções efetuadas durante os mapeamentos realizados por processos manuais, os *pixels* ou elementos de imagem relativos a essas classes precisaram sofrer uma reclassificação posterior, baseada numa análise criteriosa e com verificação no terreno.

c) fornecimento de um identificador de feição para cada classe consistente;

Para cada classe consistente da imagem resultante da classificação cruzada foi fornecido um novo número de identificação ou atributo (identificador de feição) que, juntamente com sua respectiva sigla, passou a identificar cada uma das unidades geotécnicas estimadas. As demais classes não consistentes receberam um mesmo identificador numérico a fim de diferenciá-las com maior facilidade durante o processo de reclassificação. Esse procedimento no IDRISI utilizou o módulo *ASSIGN*, empregando o arquivo de valores UG1. A imagem resultante (UNGEOS2) pode ser vista também no CD-ROM em anexo.

d) elaboração de uma tabela de cores para o plano de informações estimativa das unidades geotécnicas (PI-UNGEOS);

Tabela 11.1 - Cores utilizadas para a representação das unidades de geotécnicas em função do tipo de solo predominante na unidade.

UNIDADE DE SOLO	MATIZ
Podzólico vermelho-amarelo	lilás, vermelho
Associação de solos litólicos e podzólico vermelho-amarelo	laranja
Solos litólicos	amarelo
Associação de planossolo e podzólico vermelho-amarelo	ocre a marrom
Planossolo	verde
Associação de solos aluviais e gleis húmicos	verde
Solos aluviais	creme
Solos orgânicos	cinza

A tabela de cores para o PI-UNGEOS, utilizou o sistema aditivo primário de cores (RGB), já mencionado anteriormente nesse trabalho. As cores para cada unidade geotécnica seguiram os matizes normalmente empregados na pedologia (Tabela 11.1), conforme sugere Davison Dias (1995).

e) reclassificação dos *pixels* referentes às classes não consistentes

O processo de reclassificação dos *pixels* pertencentes às classes não consistentes da imagem UNGEOS2 ocorreu no programa gráfico denominado Paint Shop Pro@. Concluída a reclassificação, a imagem resultante, denominada UNGEOS3 (Anexo A) foi importada pelo programa IDRISI@. Em seguida, procedeu-se a edição do seu arquivo documento (UNGEOS3.doc), para o fornecimento das coordenadas máximas e mínimas da área de estudo. Tornou-se necessário ainda a aplicação nessa imagem de um novo arquivo de valores UG2 (Anexo A) por meio do módulo *ASSIGN*, para proceder a retificação da legenda, alterada durante a reclassificação no programa gráfico. Cabe salientar que, se ainda nesta fase do trabalho, ficar constatada a existência de alguns elementos da imagem não classificados adequadamente, poderá ser empregado o módulo *UPDATE*, disponível no IDRISI@, para a atualização de seus valores. Da mesma forma, o módulo *ASSIGN* poderá ser utilizado juntamente com novos arquivos de valores para promover as correções necessárias nas classes mapeadas.

O modelo cartográfico com a sequência de todos os procedimentos realizados na geração da imagem do PI-UNGEOS está mostrado na figura 11.2. A imagem final, que constitui o plano de informação estimativa das unidades geotécnicas (PI-UNGEOS) para o município de Porto Alegre, encontra-se na figura 11.3. Já a tabela 11.2 apresenta as classes relativas às unidades geotécnicas consistentes identificadas para a área teste, seus identificadores numéricos definitivos, suas respectivas siglas, identificadores do agrupamento geológico-geotécnico e da unidade de solos, além do valor total da superfície em hectares e percentuais para cada unidade geotécnica mapeada.

O valor da superfície em hectares de cada unidade geotécnica estimada por região de ocorrência resultou da aplicação do módulo *GROUP*, conforme procedimento descrito no item 9.22 - 6, Capítulo 9, sobre a imagem do PI-UNGEOS. A imagem de saída G_UNGEOS encontra-se no CD-ROM e apresenta as unidades geotécnicas individualizada por grupos contínuos de *pixels* de mesmo valor com único identificador numérico. A quantificação da superfície dessas unidades individualizadas foi obtida pelo emprego do módulo *AREA* e pode ser vista no arquivo texto G_UNGEOS.TXT que encontra-se também no CD-ROM anexo.

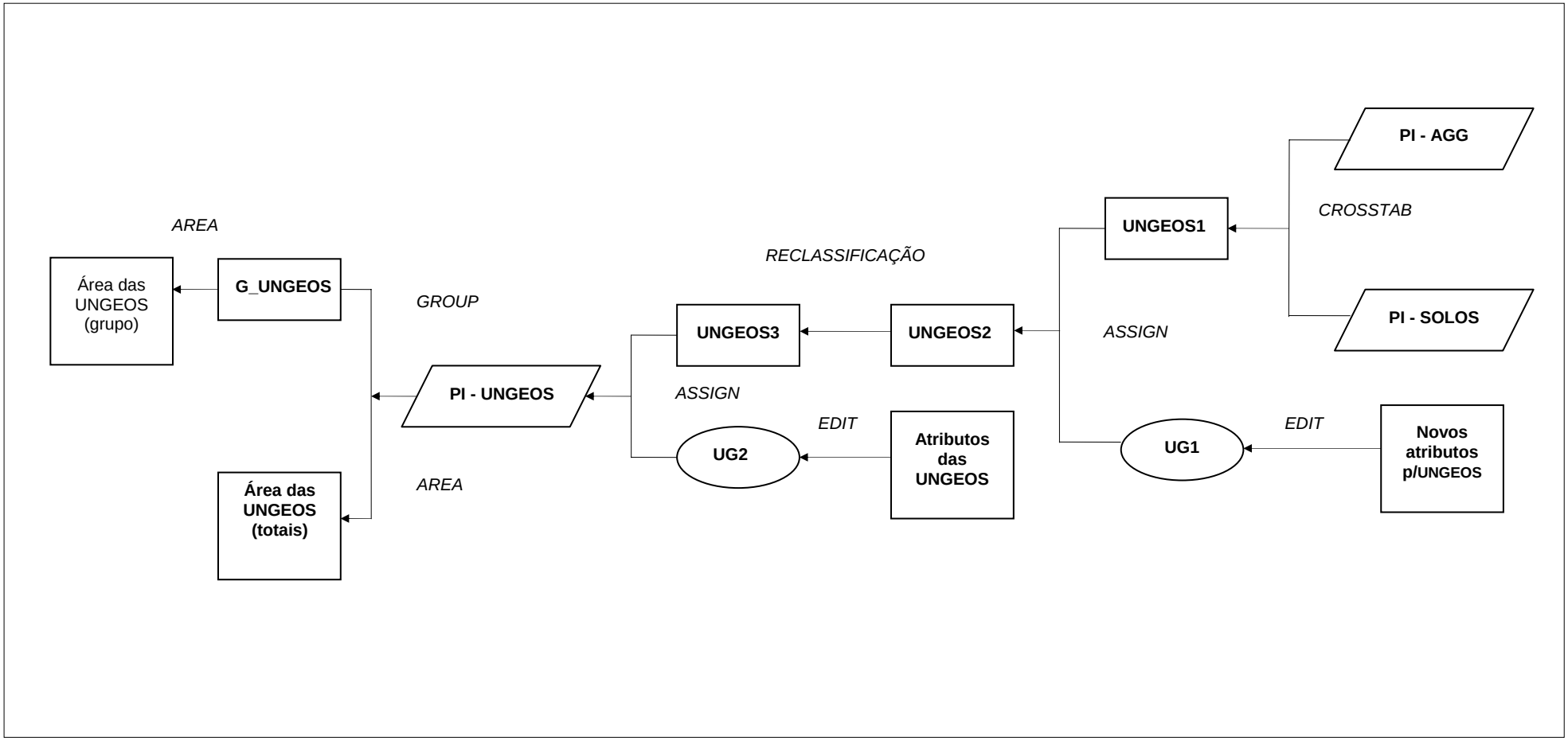

Figura 11.2 - Modelo cartográfico para a estimativa das unidades geotécnicas e quantificação de suas áreas.

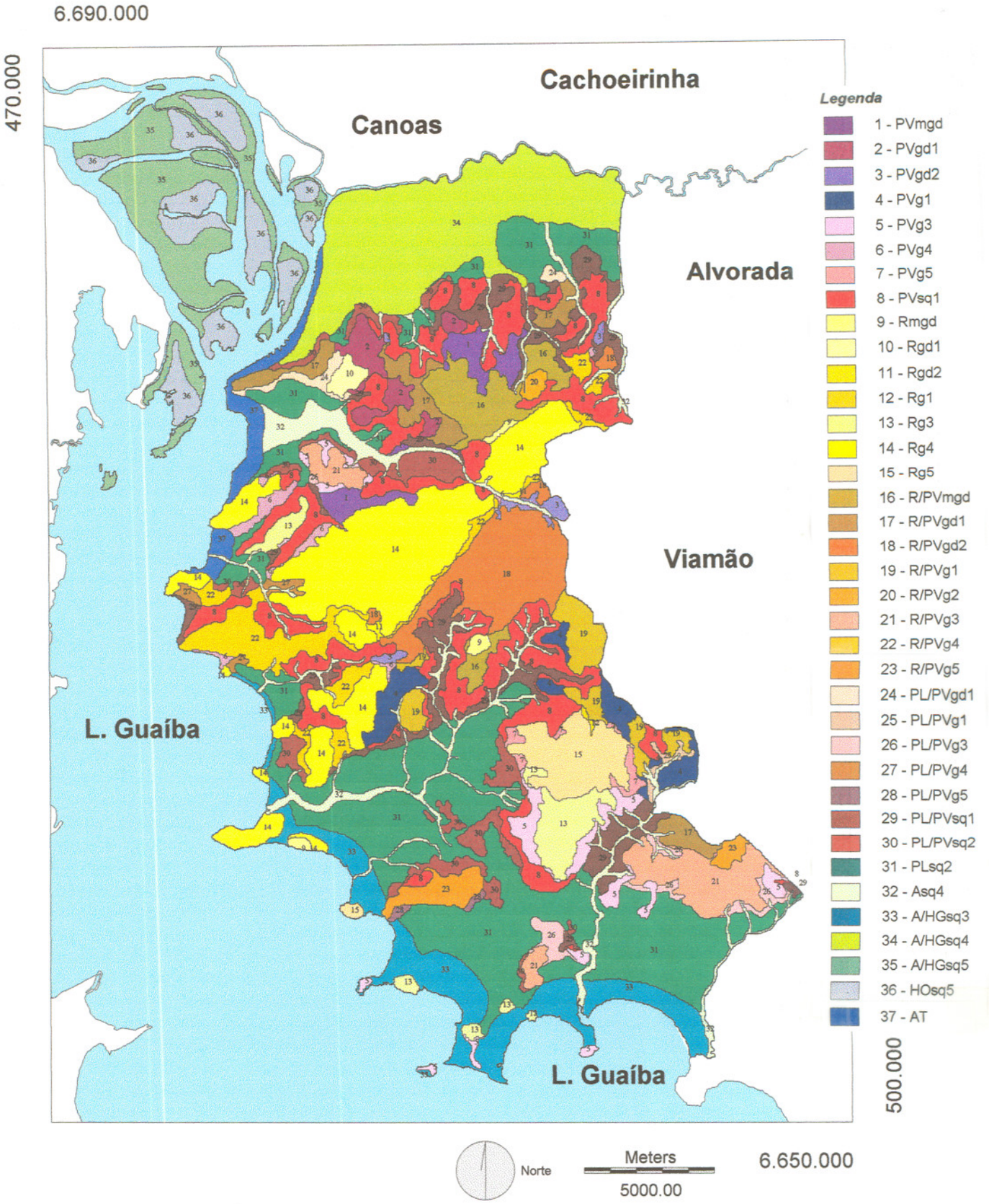

Figura 11.3 - Estimativa das unidades geotécnicas para o município de Porto Alegre (RS), PI-UNGEOS.

Tabela 11.2 - Unidades geotécnicas estimadas na área de estudo

ID_UNGEO	SIGLA	ID_SOLO	ID_AGG	UNIDADE DE SOLO	AGRUPAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO	AREA (ha)	%
1	PV mgd	1	1	Podzólico vermelho-amarelo	Metagranodiorito e gnaisse	579,69	1,21
2	PVgd1	1	2	Podzólico vermelho-amarelo	Granodiorito e monzogranitos cinzentos isótropos	509,13	1,07
3	PVgd2	1	3	Podzólico vermelho-amarelo	Granodiorito porfirítico muito grosso	180,9	0,38
4	PVg1	1	4	Podzólico vermelho-amarelo	Monzogranitos porfiríticos cinzentos	704,43	1,47
5	PVg3	1	6	Podzólico vermelho-amarelo	Sienogranitos e monzogranito rosado isótropos	791,64	1,66
6	PVg4	1	7	Podzólico vermelho-amarelo	Sienogranito grosso	269,37	0,56
7	PVg5	1	8	Podzólico vermelho-amarelo	Sienogranito quartzoso	158,85	0,33
8	PVsq1	1	9	Podzólico vermelho-amarelo	Depósitos eluvionares, coluvionares e leques aluviais	4.461,48	9,34
9	Rmgd	3	1	Solos litólicos	Metagranodiorito e gnaisse	117	0,24
10	Rgd1	3	2	Solos litólicos	Granodiorito e monzogranitos cinzentos isótropos	130,77	0,27
11	Rgd2	3	3	Solos litólicos	Granodiorito porfirítico muito grosso	33,03	0,07
12	Rg1	3	4	Solos litólicos	Monzogranitos porfiríticos cinzentos	15,93	0,03
13	Rg3	3	6	Solos litólicos	Sienogranitos e monzogranito rosado isótropos	875,34	1,83
14	Rg4	3	7	Solos litólicos	Sienogranito grosso	4.417,47	9,25
15	Rg5	3	8	Solos litólicos	Sienogranito quartzoso	981,99	2,03
16	R/PV mgd	2	1	Associação de solos litólicos e podzólico vermelho-amarelo	Metagranodiorito e gnaisse	1.020,15	2,14
17	R/PVgd1	2	2	Associação de solos litólicos e podzólico vermelho-amarelo	Granodiorito e monzogranitos cinzentos isótropos	874,71	1,83
18	R/PVgd2	2	3	Associação de solos litólicos e podzólico vermelho-amarelo	Granodiorito porfirítico muito grosso	1.736,28	3,63
19	R/PVg1	2	4	Associação de solos litólicos e podzólico vermelho-amarelo	Monzogranitos porfiríticos cinzentos	804,24	1,68
20	R/PVg2	2	5	Associação de solos litólicos e podzólico vermelho-amarelo	Monzogranito granófiro	76,23	0,16
21	R/PVg3	2	6	Associação de solos litólicos e podzólico vermelho-amarelo	Sienogranitos e monzogranito rosado isótropos	1.197,09	2,5
22	R/PVg4	2	7	Associação de solos litólicos e podzólico vermelho-amarelo	Sienogranito grosso	1.398,33	2,93
23	R/PVg5	2	8	Associação de solos litólicos e podzólico vermelho-amarelo	Sienogranito quartzoso	453,69	0,95
24	PL/PVgd1	4	2	Associação de planossolo e podzólico vermelho-amarelo	Granodiorito e monzogranitos cinzentos isótropos	196,2	0,41
25	PL/PVg1	4	4	Associação de planossolo e podzólico vermelho-amarelo	Monzogranitos porfiríticos cinzentos	67,32	0,14
26	PL/PVg3	4	6	Associação de planossolo e podzólico vermelho-amarelo	Sienogranitos e monzogranito rosado isótropos	328,95	0,69
27	PL/PVg4	4	7	Associação de planossolo e podzólico vermelho-amarelo	Sienogranito grosso	127,8	0,27
28	PL/PVg5	4	8	Associação de planossolo e podzólico vermelho-amarelo	Sienogranito quartzoso	52,47	0,11
29	PL/PVsq1	4	9	Associação de planossolo e podzólico vermelho-amarelo	Depósitos eluvionares e leques aluviais	1.995,21	4,18
30	PL/PVsq2	4	10	Associação de planossolo e podzólico vermelho-amarelo	Depósitos de terraços lagunares antigos	1.323,18	2,77
31	PLsq2	5	10	Planossolo	Depósitos de terraços lagunares antigos	8.290,71	17,36
32	Asq4	7	12	Solos aluviais	Depósitos fluviais	2.224,26	4,66
33	A/HGsq3	6	11	Associação de solos aluviais e glei húmico	Depósitos lagunares recentes	2.258,82	4,73
34	A/HGsq4	6	12	Associação de solos aluviais e glei húmico	Depósitos fluviais	4.077,45	8,54
35	A/HGsq5	6	13	Associação de solos aluviais e glei húmico	Depósitos deltáicos	2.777,04	5,81
36	HOsq5	8	13	Solos orgânicos	Depósitos deltáicos	1.648,35	3,45
37	AT	9	14	Aterros	Depósitos de aterro	607,86	1,32
	Total					47.763,36	100,00

11.3 - PLANO DE INFORMAÇÃO EVOLUÇÃO DA MANCHA URBANA – PI - EVUR

Esse plano de informação tem por finalidade armazenar as informações sobre a evolução da mancha urbana na área de estudo em um determinado período.

Para a área teste, esse PI resultou da integração dos planos de informações originais referentes às manchas urbanas existentes em 1958, 1975 e 1994, segundo Souza (1998), na parte continental do município de Porto Alegre, de acordo com o modelo cartográfico da figura 11.4. A imagem UR_58_75, constante no referido modelo, é uma imagem temporária com a mancha urbana de 1958 e 1975. O PI-EVUR pode ser visto na figura 11.5.

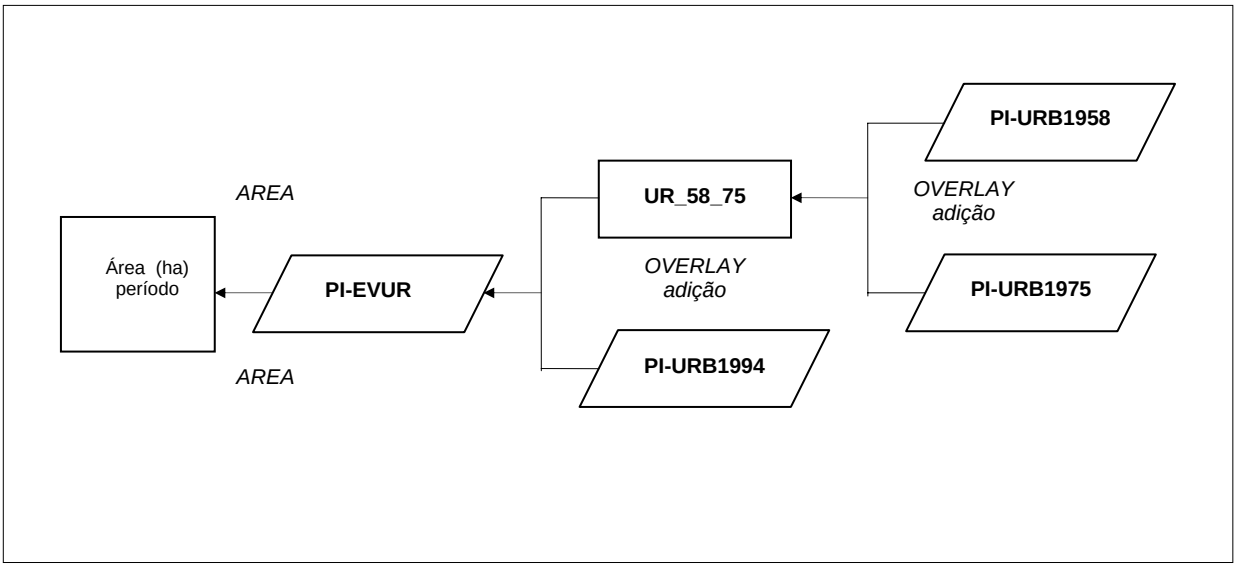

Figura 11.4 - Modelo cartográfico para a determinação do PI-EVUR.

11.4 - PLANO DE INFORMAÇÃO UNIDADES GEOTÉCNICAS X MANCHA URBANA EM 1958 – PI - UGM58

Esse PI, assim como os três seguintes, tem como objetivo o cruzamento do plano de informação estimativa das unidades geotécnicas (PI-UNGEOS) com a mancha urbana existente na área de estudo em uma data específica, visando a análise da interação da ocupação urbana com o meio físico em diferentes épocas.

Para a parte continental da área teste, o PI-UGM58, representando essa interação no ano de 1958, foi obtido pela aplicação do módulo *OVERLAY* (operação lógica de intersecção) sobre os PI-UNGEOS e PI-URB1958, conforme mostra o modelo cartográfico da figura 11.6.

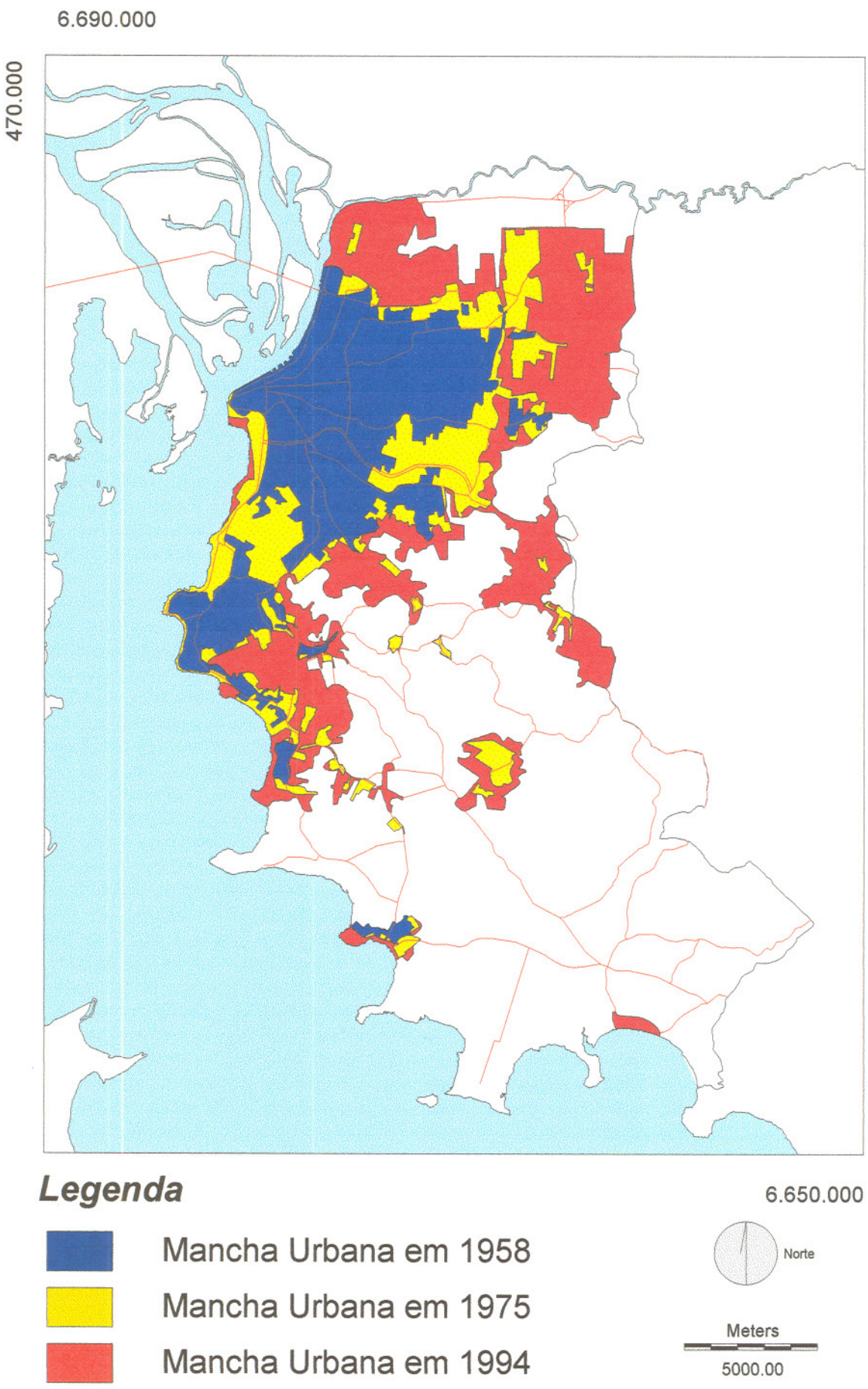

Figura 11. 5 - Evolução da mancha urbana no município de Porto Alegre (RS) em 1958, 1975 e 1994.

Uma composição de mapas com a imagem referente ao PI-UGM58 e o sistema viário principal pode ser vista na figura 11.7, enquanto a tabela 11.3 apresenta uma quantificação das áreas das classes temáticas do referido plano de informação.

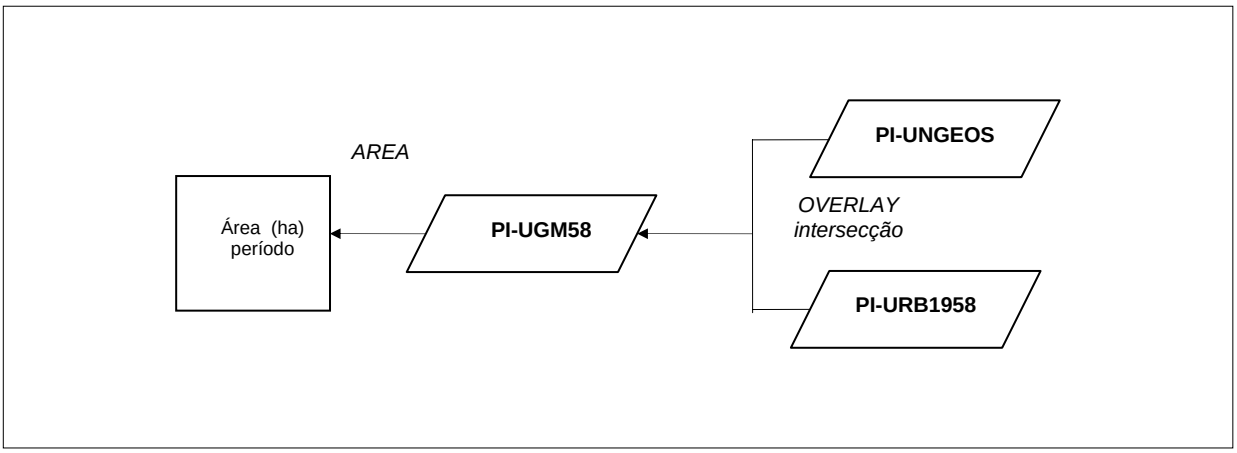

Figura 11.6 - Modelo cartográfico para a determinação do PI-UGM58.

Tabela 11.3 - Quantificação das áreas do PI-UGM58

ID_UNGEO	SIGLA	ÁREA (ha)	%
1	PVmgd	352,89	5,25
2	PVgd1	455,31	6,78
3	PVgd2	7,2	0,11
5	PVg3	102,51	1,53
6	PVg4	65,61	0,98
8	PVsq1	1.006,29	14,98
10	Rgd1	130,77	1,95
13	Rg3	36,09	0,54
14	Rg4	266,4	3,97
15	Rg5	2,34	0,03
16	R/PVmgd	303,57	4,52
17	R/PVgd1	413,46	6,15
20	R/PVg2	6,39	0,10
21	R/PVg3	219,42	3,27
22	R/PVg4	280,44	4,17
23	R/PVg5	42,12	0,63
24	PL/PVgd1	149,4	2,22
26	PL/PVg3	10,08	0,15
27	PL/PVg4	71,91	1,07
28	PL/PVg5	11,52	0,17
29	PL/PVsq1	164,7	2,45
30	PL/PVsq2	424,98	6,33
31	PLsq2	865,62	12,87
32	Asq4	509,58	7,58
33	A/HGsq3	35,82	0,53
34	A/HGsq4	576,54	8,58
37	AT	207,63	3,09
TOTAL		6.718,59	100,00

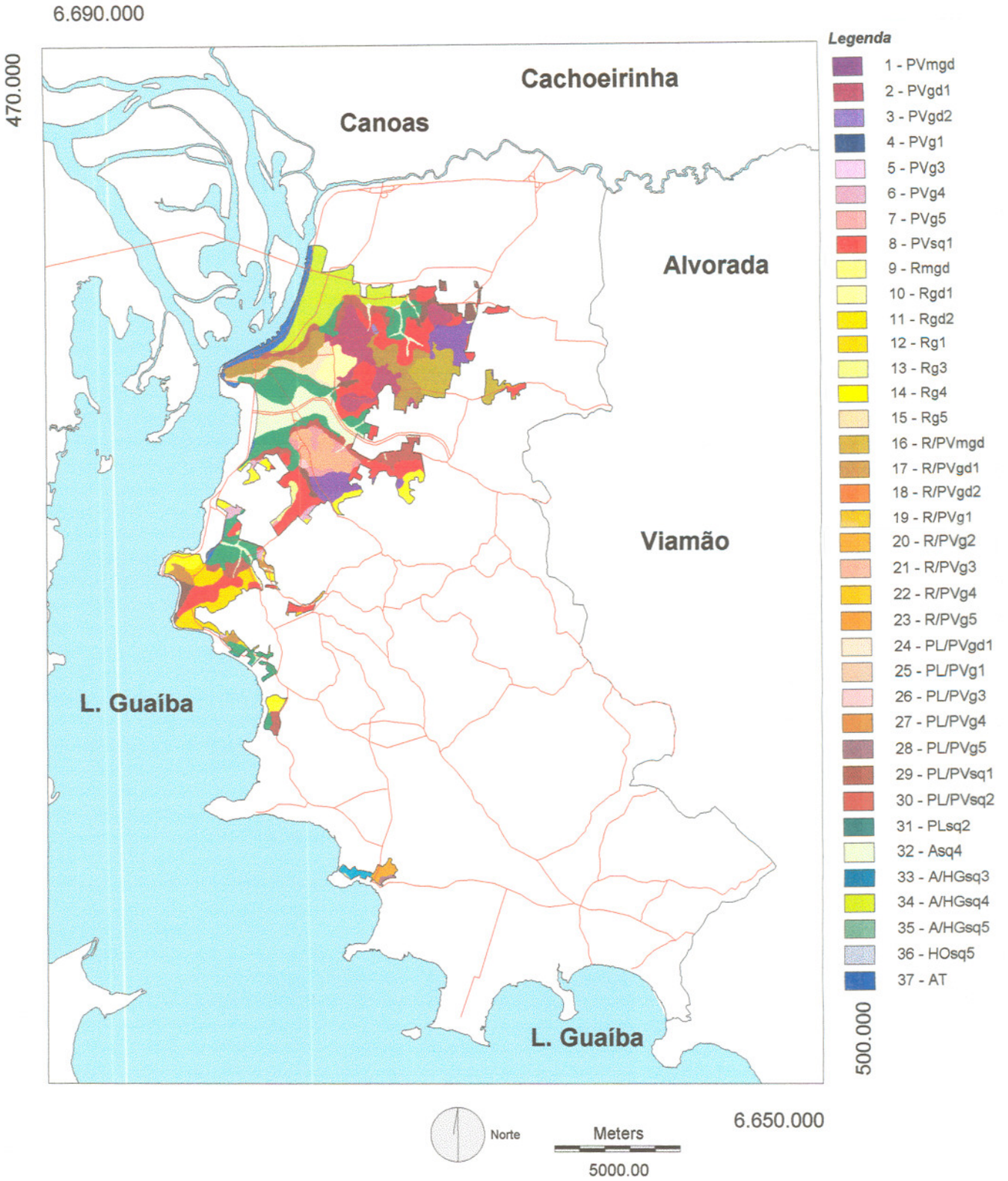

Figura 11.7 - Composição de mapas com as unidades geotécnicas ocupadas pela mancha urbana na parte continental do município de Porto Alegre (RS) em 1958 e o sistema viário principal.

11.5 - PLANO DE INFORMAÇÃO UNIDADES GEOTÉCNICAS X MANCHA URBANA EM 1975 – PI - UGM75

Esse PI, específico nessa data para o município de Porto Alegre, porção situada no continente, está mostrado na figura 11.8. Resultou da integração do PI-UNGEOS com a mancha urbana existente em 1975 (PI-URB1975) por meio de procedimentos semelhantes ao PI descrito anteriormente.

A tabela 11.4 mostra os valores das superfícies obtidas pela aplicação do módulo *AREA* sobre a imagem do PI-UGM75.

Tabela 11.4 - Quantificação das áreas do PI-UGM75

ID_UNGEO	SIGLA	ÁREA	%
1	Pvmgd	491,13	4,43
2	PVgd1	509,13	4,59
3	PVgd2	7,20	0,06
5	PVg3	104,49	0,94
6	PVg4	222,03	2,00
7	PVg5	5,49	0,05
8	PVsq1	1.770,66	15,97
9	Rmgd	1,08	0,01
10	Rgd1	130,77	1,18
13	Rg3	157,77	1,42
14	Rg4	709,56	6,40
15	Rg5	2,34	0,02
16	R/PVmgd	553,95	5,00
17	R/PVgd1	555,57	5,01
18	R/PVgd2	39,42	0,36
19	R/PVg1	9,09	0,08
20	R/PVg2	29,07	0,27
21	R/PVg3	219,42	1,98
22	R/PVg4	407,79	3,68
23	R/PVg5	58,23	0,53
24	PL/PVgd1	149,40	1,35
26	PL/PVg3	10,08	0,09
27	PL/PVg4	86,31	0,78
28	PL/PVg5	23,94	0,22
29	PL/PVsq1	486,09	4,39
30	PL/PVsq2	663,75	5,99
31	PLsq2	1.501,29	13,54
32	Asq4	724,68	6,54
33	A/HGsq3	81,36	0,73
34	A/HGsq4	839,25	7,57
37	AT	534,24	4,82
TOTAL		11.084,58	100,00

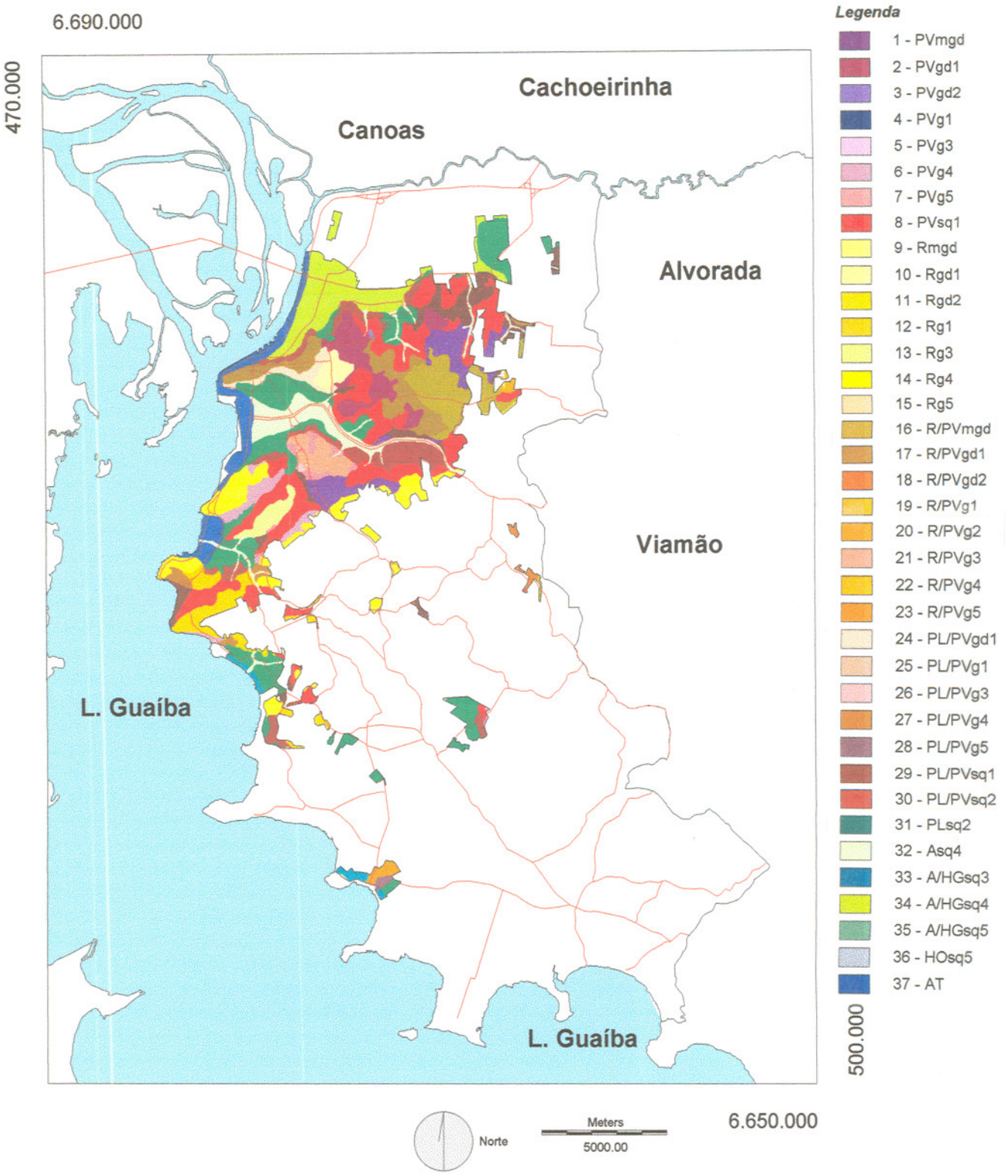

Figura 11.8 - Composição de mapas com as unidades geotécnicas ocupadas pela mancha urbana no município de Porto Alegre (RS) em 1975, parte continental, e o sistema viário principal.

11.6 - PLANO DE INFORMAÇÃO UNIDADES GEOTÉCNICAS X MANCHA URBANA EM 1994 – PI - UGM94

Esse PI, mostrando a mancha urbana existente em função das unidades geotécnicas estimadas para o ano de 1994 na parte continental da área teste, seguiu os mesmos procedimentos dos dois planos de informações anteriores. A tabela 11.5 apresenta as áreas quantificadas das classes resultantes, enquanto a figura 11.9 mostra uma composição de mapas com o PI-UGM94 e o sistema viário principal.

Tabela 11.5 - Quantificação das áreas do PI-UGM94

ID_UNGEO	SIGLA	ÁREA (ha)	%
1	Pvmgd	579,69	3,09
2	PVgd1	509,13	2,72
3	PVgd2	70,74	0,38
4	PVg1	17,91	0,10
5	PVg3	104,49	0,56
6	PVg4	246,69	1,32
7	PVg5	24,21	0,13
8	PVsq1	2.645,46	14,11
9	Rmgd	24,57	0,13
10	Rgd1	130,77	0,70
13	Rg3	157,77	0,84
14	Rg4	1.776,96	9,48
15	Rg5	52,47	0,28
16	R/PVmgd	851,58	4,54
17	R/PVgd1	683,91	3,65
18	R/PVgd2	621,63	3,32
19	R/PVg1	300,78	1,60
20	R/PVg2	76,23	0,41
21	R/PVg3	219,42	1,17
22	R/PVg4	1.035,9	5,53
23	R/PVg5	68,40	0,36
24	PL/PVgd1	196,20	1,05
26	PL/PVg3	10,08	0,05
27	PL/PVg4	117,81	0,63
28	PL/PVg5	28,17	0,15
29	PL/PVsq1	927,36	4,95
30	PL/PVsq2	771,48	4,12
31	PLsq2	2.349,09	12,53
32	Asq4	1.030,23	5,50
33	A/HGsq3	210,78	1,12
34	A/HGsq4	2.298,78	12,26
37	AT	607,86	3,22
TOTAL		18.746,55	100,00

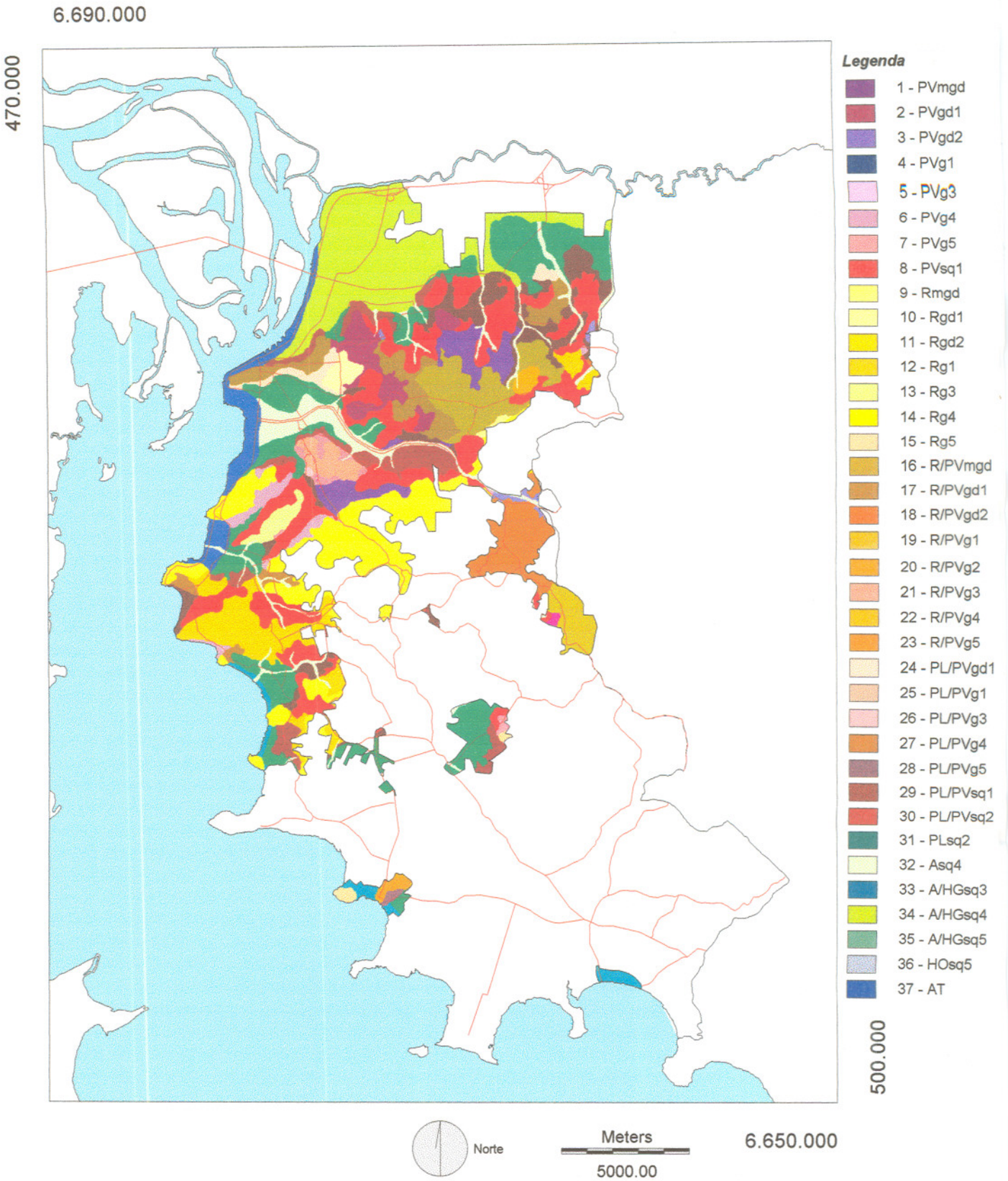

Figura 11.9 - Composição de mapas com as unidades geotécnicas ocupadas pela mancha urbana na porção continental do município de Porto Alegre (RS) em 1994 e o sistema viário principal.

11.7 - PLANO DE INFORMAÇÃO UNIDADES GEOTÉCNICAS X MANCHA URBANA EM 1995 – PI - UGM95

Esse PI (Figura 11.10), específico para a área teste e quantificado na tabela 11.6 armazena informações resultantes do cruzamento do plano de informação estimativa das unidades geotécnicas (PI-UNGEOS) com a mancha urbana existente em 1995, tanto na parte continental do município, quanto nas ilhas do delta do Jacuí, com a finalidade de permitir uma análise geotécnica da mancha urbana total do município no referido ano.

Tabela 11.6 - Quantificação das áreas do PI-UGM95

ID_UNGEO	SIGLA	ÁREA	%
1	PVmgd	579,69	3,05
2	PVgd1	509,13	2,68
3	PVgd2	70,74	0,37
4	PVg1	17,91	0,09
5	PVg3	104,49	0,55
6	PVg4	246,69	1,30
7	PVg5	24,21	0,13
8	PVsq1	2.645,82	13,92
9	Rmgd	24,57	0,13
10	Rgd1	130,77	0,69
13	Rg3	157,77	0,83
14	Rg4	1.776,96	9,35
15	Rg5	52,47	0,28
16	R/PVmgd	851,58	4,48
17	R/PVgd1	683,91	3,60
18	R/PVgd2	621,63	3,27
19	R/PVg1	300,78	1,58
20	R/PVg2	76,23	0,40
21	R/PVg3	219,42	1,15
22	R/PVg4	1.035,9	5,45
23	R/PVg5	68,4	0,36
24	PL/PVgd1	196,2	1,03
26	PL/PVg3	10,08	0,05
27	PL/PVg4	117,81	0,62
28	PL/PVg5	28,17	0,15
29	PL/PVsq1	927,36	4,88
30	PL/PVsq2	771,48	4,06
31	PLsq2	2.349,09	12,36
32	Asq4	1.030,23	5,42
33	A/HGsq3	210,78	1,11
34	A/HGsq4	2.298,78	12,10
35	A/HGsq5	207,09	1,09
36	HOsq5	49,05	0,26
37	AT	607,86	3,20
TOTAL		19.003,05	100,00

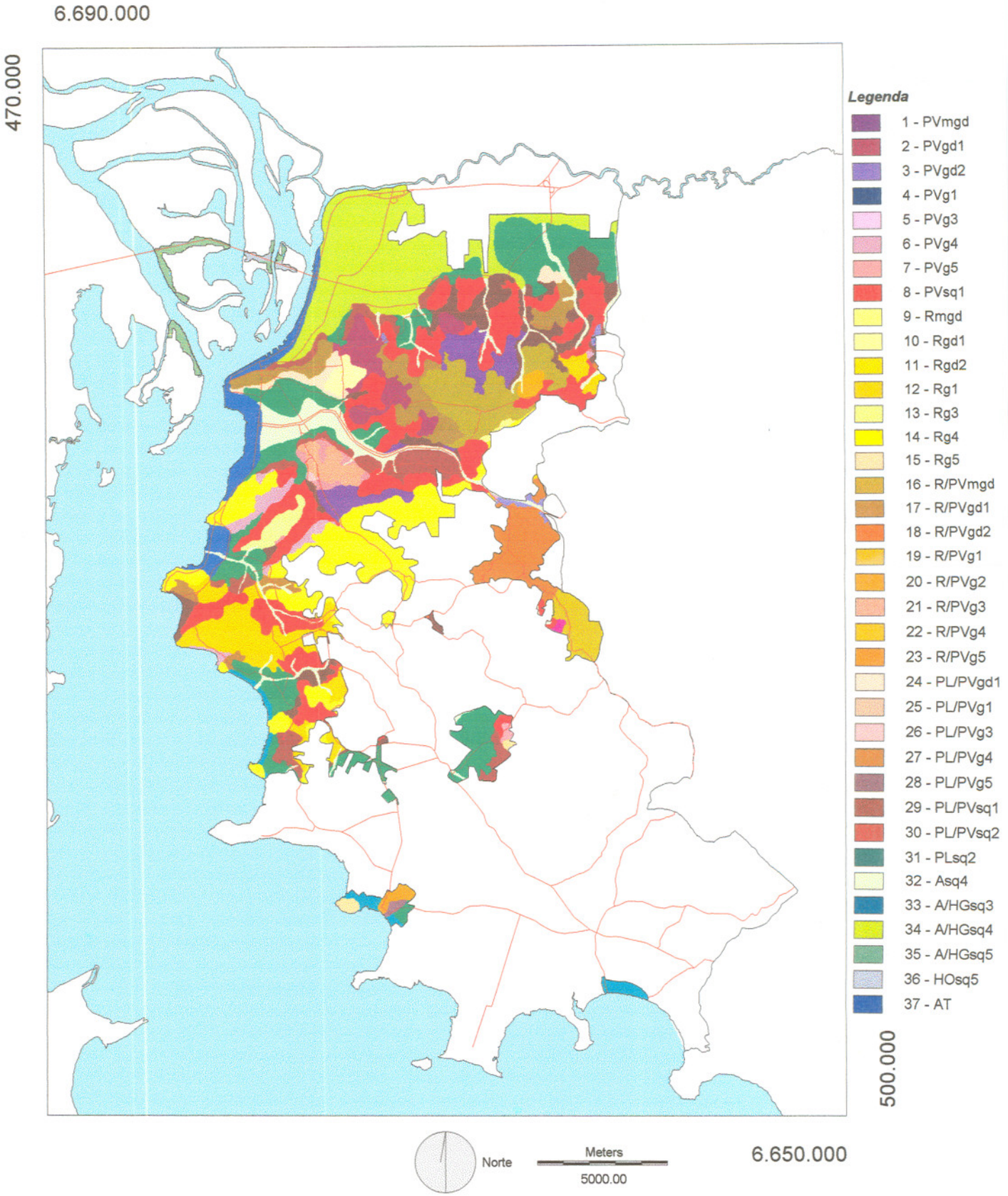

Figura 11.10 - Composição de mapas com as unidades geotécnicas referentes à mancha urbana total (continente e arquipélago) no município de Porto Alegre (RS) em 1995.

É importante lembrar que a área urbana urbana situada no arquipélago do delta do Jacuí não constou nos mapeamentos da mancha urbana em 1975 e 1994, elaborados por Souza (1998). Por esse motivo, essa informação constante no plano de informação original PI-URB1995 foi obtida pela classificação visual de uma imagem LANDSAT de novembro de 1995, conforme procedimentos descritos no Capítulo 8.

11.8 - PLANO DE INFORMAÇÃO MATERIAL DE ORIGEM DOS AGRUPAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS X MANCHA URBANA EM 1958 – PI - OAGG58

Esse plano de informação tem por objetivo a identificação do material de origem dos agrupamentos geológico-geotécnicos ocupados pela mancha urbana em uma determinada época.

Para a área teste esse PI resultou do cruzamento do plano de informação derivado PI-OAGG com o plano de informação original PI-URB1958, que contém a mancha urbana existente em 1958. O PI-OAGG, para o município de Porto Alegre, apresenta três classes temáticas: rochas graníticas, rochas sedimentares e aterros.

A figura 11.11 mostra o modelo cartográfico empregado, enquanto na figura 11.12 pode ser vista uma composição de mapas com o PI-OAGG58 e a rede de drenagem da área teste.

Os valores das superfícies obtidas por meio da quantificação das áreas do PI-OAGG58 foram os seguintes: a) rochas de origem graníticas 2.891,61 ha; b) rochas sedimentares: 3.621,15 ha; c) aterros 205,83 ha. Esses valores representam respectivamente 43,04%, 53,89% e 3,07% da mancha urbana existente no município em 1958.

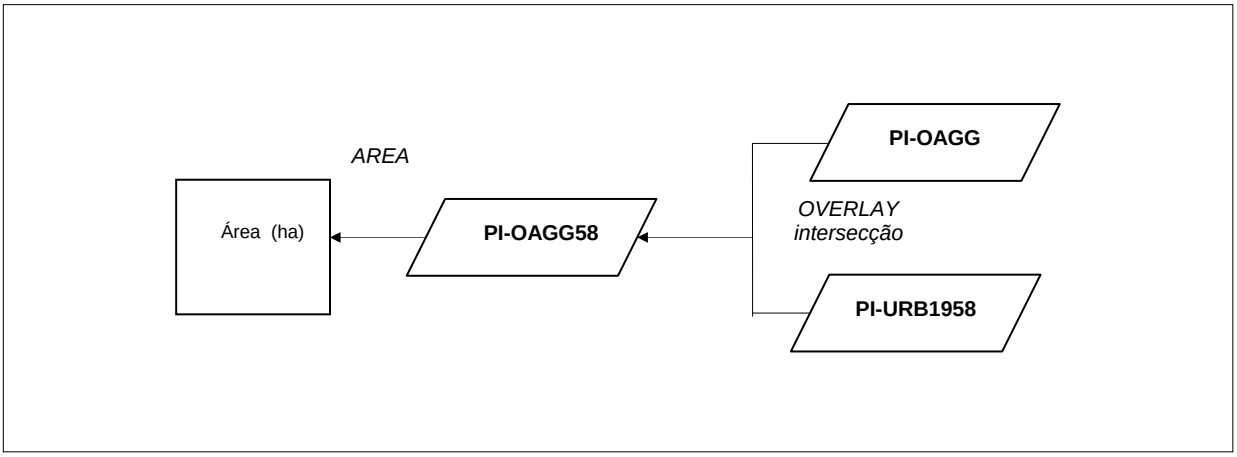

Figura 11.11 - Modelo cartográfico para a determinação do PI-OAGG58.

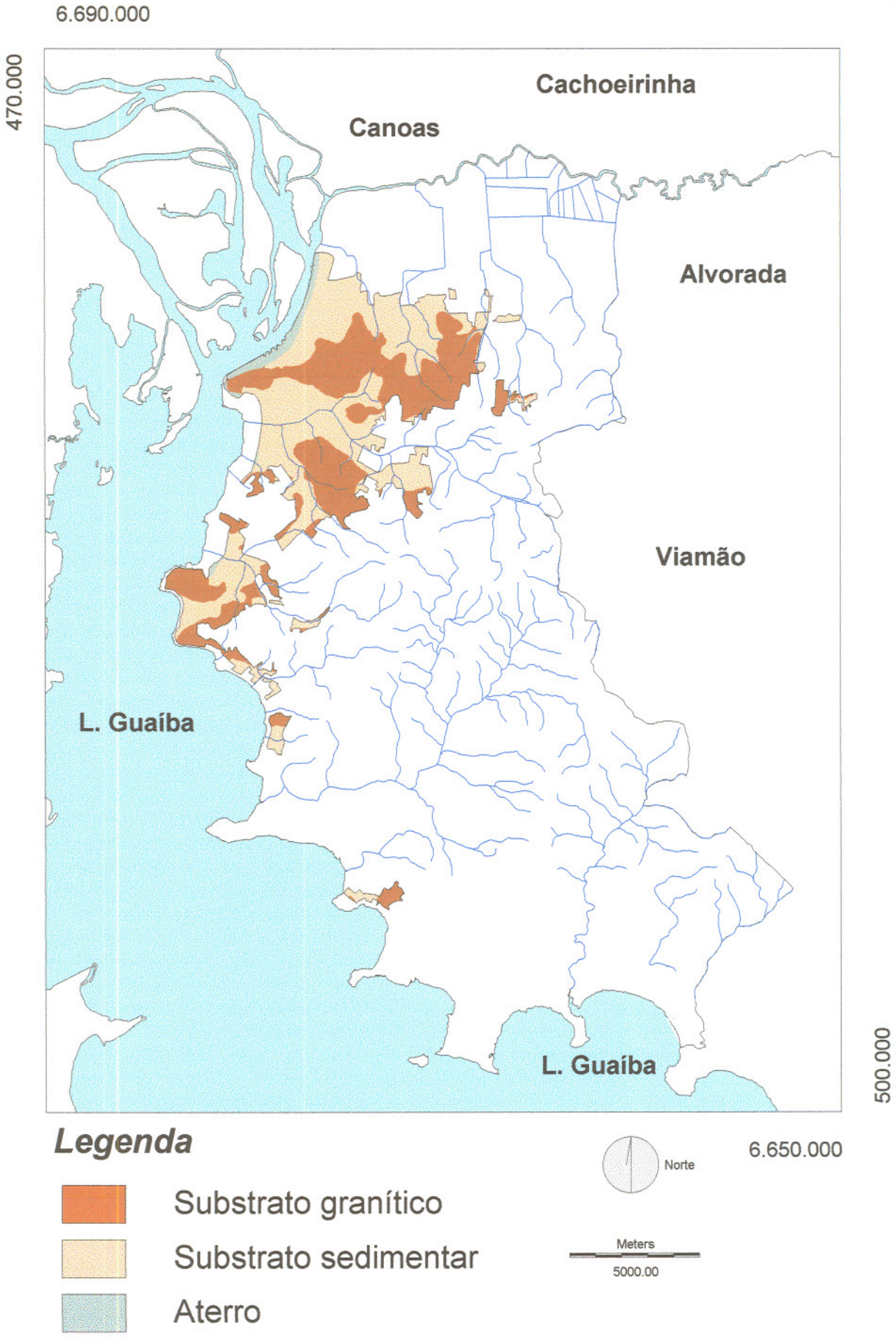

Figura 11.12 - Material de origem dos agrupamentos geológico-geotécnico ocupados pela mancha urbana no município de Porto Alegre em 1958, PI-OAGG58.

11.9 - PLANO DE INFORMAÇÃO MATERIAL DE ORIGEM DOS AGRUPAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS X MANCHA URBANA EM 1995 – PI - OAGG95

Esse plano de informação tem finalidade e procedimentos para a sua criação semelhantes ao anterior.

Para a área teste esse PI resultou do cruzamento do plano de informação derivado PI-OAGG com o plano de informação original PI-URB1995, que contém a mancha urbana existente em 1995. A figura 11.13 apresenta uma composição de mapas com a rede de drenagem da área teste, sobreposta à imagem do PI-OAGG95.

Os valores das superfícies obtidas por meio da quantificação das áreas desse plano de informação foram: a) rochas de origem graníticas 7.866,45 ha; b) rochas sedimentares: 10.528,74 ha; c) aterros 607,86 ha. Esses valores representam respectivamente 41,40 %, 55,40% e 3,20 % da mancha urbana existente no município em 1995.

11.10 - PLANO DE INFORMAÇÃO UNIDADES DE SOLOS X MANCHA URBANA EM 1958 – PI - SOLOS58

Esse PI integra as informações sobre as unidades de solos com a mancha urbana existente na área teste em uma data específica.

Para o município de Porto Alegre, esse cruzamento foi realizado, inicialmente, para o ano de 1958, pela aplicação do módulo *OVERLAY* (operação intersecção) entre os PI-SOLOS e PI-URB1958, gerando o PI-SOLOS58, mostrado na composição de mapas da figura 11.14. A tabela 11.7 apresenta a quantificação das áreas correspondentes.

Tabela 11.7 - Quantificação das áreas do PI-SOLOS58

ID_UNGEO	SIGLA	ÁREA	%
1	PV	1.982,79	29,51
2	R/PV	1.264,68	18,82
3	R	436,05	6,49
4	PL/PV	838,53	12,48
5	PL	866,88	12,90
6	A/HG	613,35	9,13
7	A	508,68	7,57
9	AT	207,54	3,09
TOTAL		6.718,59	100,00

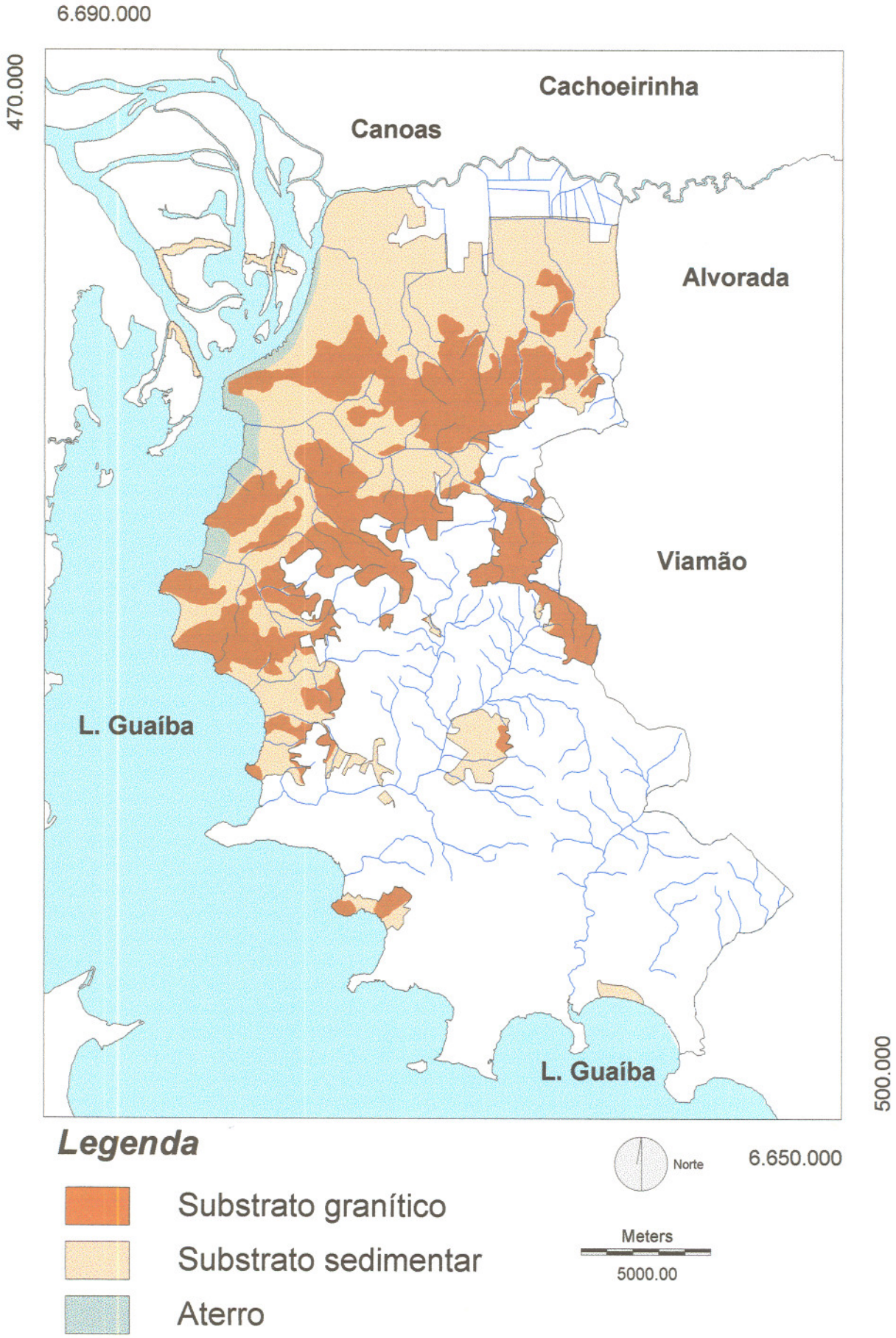

Figura 11.13 - Material de origem dos agrupamentos geológico-geotécnico ocupados pela mancha urbana no município de Porto Alegre em 1995, PI-OAGG95.

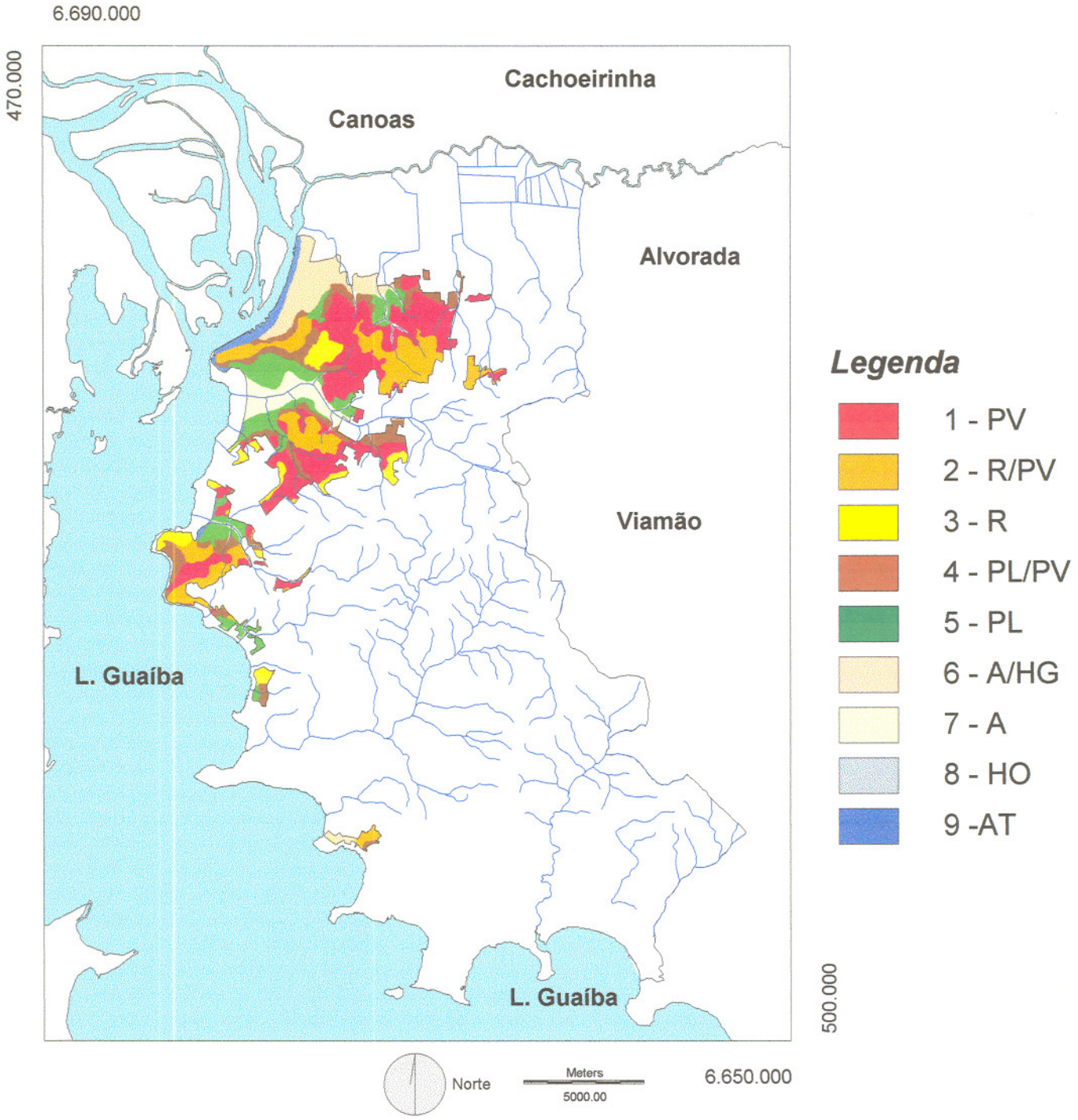

Figura 11.14 - Composição de mapas com as unidades de solos ocupadas pela mancha urbana em 1958 (PI-SOLOS58) e a rede de drenagem no município de Porto Alegre (RS).

11.11 - PLANO DE INFORMAÇÃO UNIDADES DE SOLOS X MANCHA URBANA EM 1995 – PI - SOLOS95

Esse PI também tem a finalidade de integrar as informações sobre as unidades de solos com a mancha urbana existente na área de estudo em uma determinada época.

Para o município de Porto Alegre, por meio de procedimentos semelhantes aos executados no plano de informação anterior, foi gerado o PI-SOLOS95, mostrado na figura 11.15 e quantificado na tabela 11.8.

Tabela 11.8 - Quantificação das áreas do PI-SOLOS95

ID_UNGEO	SIGLA	ÁREA (ha)	%
1	PV	4.159,62	21,89
2	R/PV	3.871,17	20,37
3	R	2.137,14	11,25
4	PL/PV	2.075,85	10,92
5	PL	2.352,24	12,38
6	A/HG	2.717,64	14,30
7	A	1.031,94	5,43
8	HO	49,59	0,26
9	AT	607,86	3,20
TOTAL		19.003,05	100,00

11.12 - PLANO DE INFORMAÇÃO MDT FATIADO X MANCHA URBANA EM 1958 – PI - MDTF58

Esse plano de informação tem por finalidade a integração da mancha urbana com o modelo digital do terreno fatiado.

Para a área teste, esse PI foi gerado para o ano de 1958, de acordo com o modelo cartográfico da figura 11.16. O PI-MDTF58 com a rede de drenagem sobreposta pode ser visto na figura 11.17, enquanto a quantificação das suas classes temáticas está mostrada na tabela 11.9.

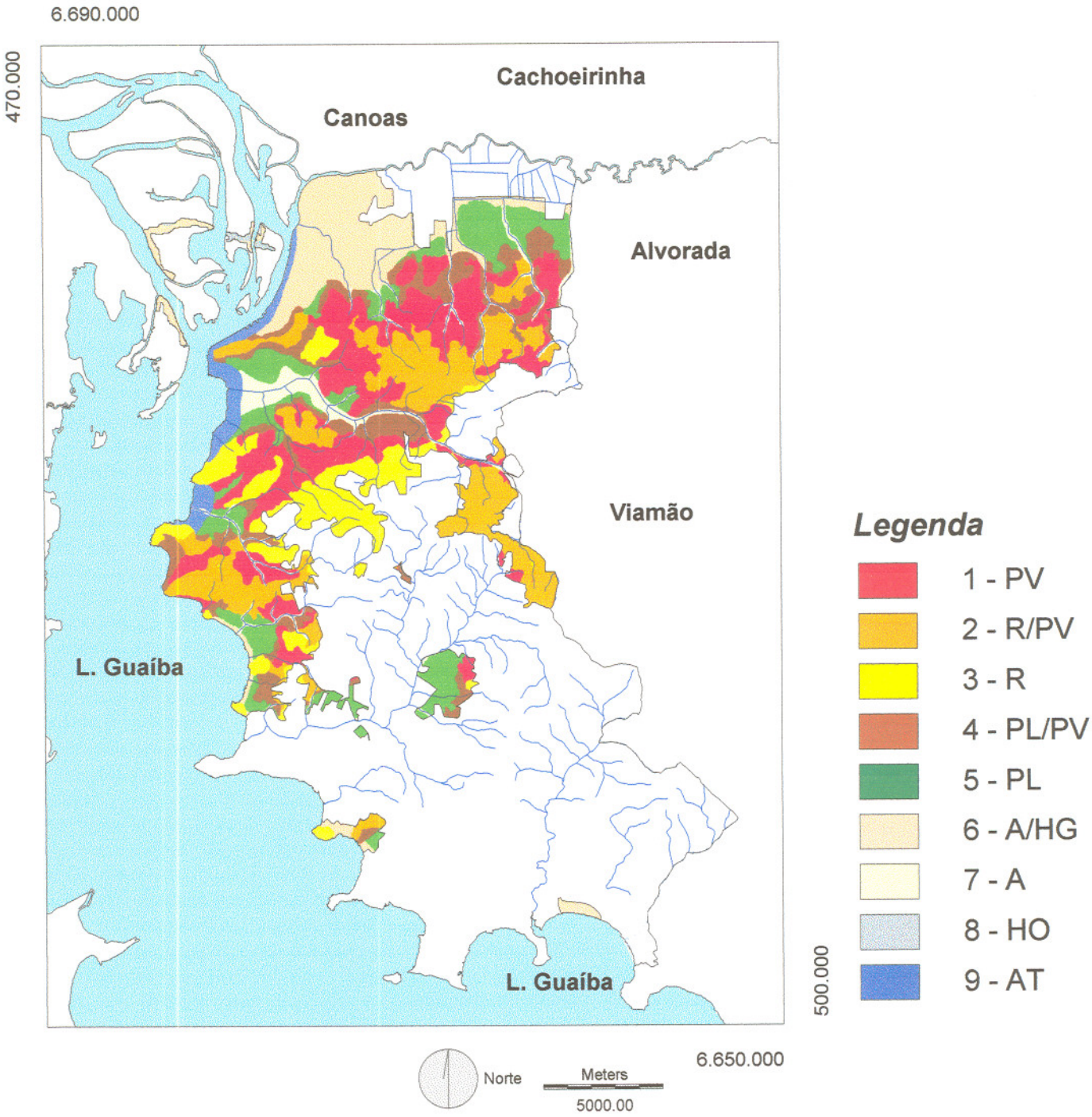

Figura 11.15 - Composição de mapas com as unidades de solos ocupadas pela mancha urbana em 1995 (PI-SOLOS95) e a rede de drenagem no município de Porto Alegre (RS).

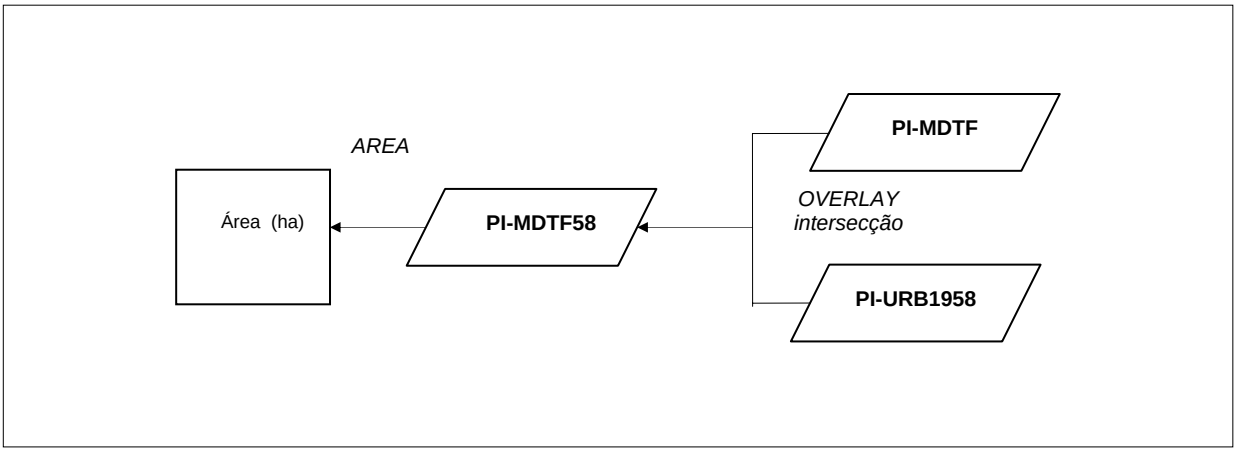

Figura 11.16 - Modelo cartográfico para a determinação do PI-MDTF58.

Tabela 11.9 - Quantificação das áreas do PI-MDTF58

ID_UNGEO	SIGLA	ÁREA (ha)	%
1	< 5	671,31	9,99
2	5 - 10	796,68	11,86
3	10 - 20	1.184,94	17,64
4	20 - 30	784,98	11,68
5	30 - 40	816,93	12,16
6	40 - 50	862,56	12,84
7	50 - 60	667,17	9,93
8	60 - 70	305,01	4,54
9	70 - 80	272,52	4,06
10	80 - 90	160,65	2,38
11	90 -100	95,58	1,42
12	100 - 150	97,83	1,46
13	150 - 200	2,43	0,04
TOTAL		6.718,59	100,00

11.13 - PLANO DE INFORMAÇÃO MDT FATIADO X MANCHA URBANA EM 1995 – PI - MDTF95

Esse plano de informação tem a mesma finalidade do anterior.

Para a área teste, esse PI foi gerado para o ano de 1995, seguindo um modelo cartográfico similar ao mostrado na figura 11.16, mas integrando as informações do modelo digital do terreno fatiado com a mancha urbana existente em 1995 e armazenada no PI-URB1995.

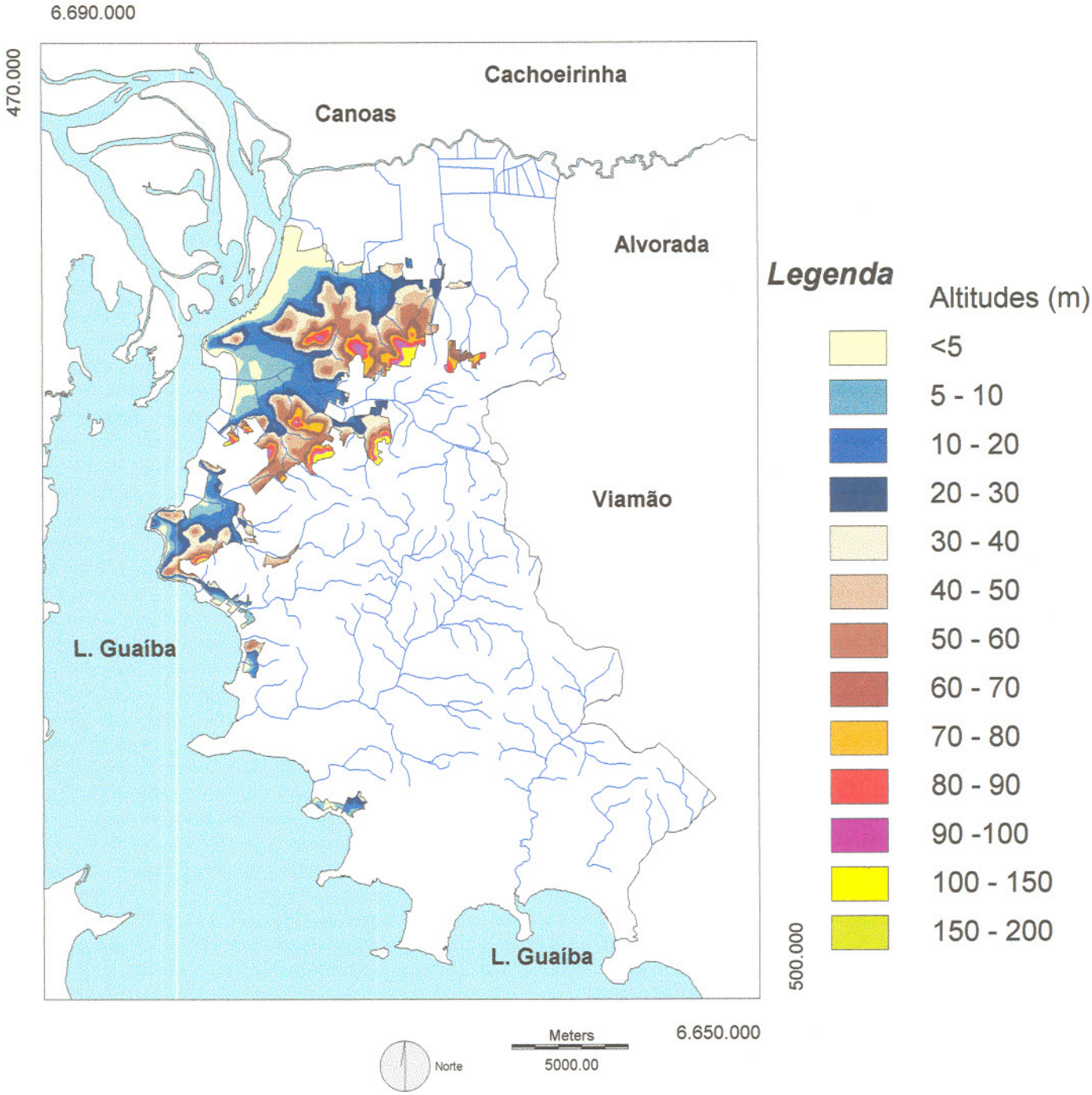

Figura 11.17 - PI-MDTF58 com a rede de drenagem sobreposta, mostrando o cruzamento do modelo digital do terreno fatiado com a mancha urbana existente em 1958.

A imagem do PI-MDTF95 está mostrada na figura 11.18, enquanto os valores das áreas correspondentes a cada uma das classes temáticas resultantes podem ser vistos na tabela 11.10.

Tabela 11.10 - Quantificação das áreas do PI-MDTF95

ID_UNGEO	SIGLA	ÁREA (ha)	%
1	< 5	3.588,39	18,88
2	5 -10	1.595,43	8,40
3	10 - 20	2122,2	11,17
4	20 - 30	2.008,44	10,57
5	30 - 40	1.808,46	9,52
6	40 - 50	2.030,22	10,68
7	50 - 60	1.628,91	8,57
8	60 - 70	838,89	4,48
9	70 - 80	941,49	4,95
10	80 - 90	544,95	2,87
11	90 -100	377,46	1,99
12	100 - 150	911,25	4,80
13	150 - 200	261,45	1,38
14	200 - 250	301,95	1,59
15	> 250	43,56	0,23
TOTAL		19.003,05	100,00

11.14 - PLANO DE INFORMAÇÃO ISODECLIVIDADES 1 X MANCHA URBANA EM 1958 – PI - ISOD1M58

Esse plano de informação tem por finalidade a integração da mancha urbana com as áreas de isodeclividades determinadas no PI-ISOD1.

Para a área teste, o PI-ISOD1M58, cujas áreas quantificadas estão na tabela 11.11, resultou do cruzamento da mancha urbana existente em 1958 com as áreas de isodeclividades geradas no PI-ISOD1, conforme o modelo cartográfico da figura 11.19.

Tabela 11.11 - Quantificação das áreas do PI-ISOD1M58

ID_CLASSE	ISODECLIVIDADES 1	ÁREA (ha)	%
1	0% - 10%	5.704,47	84,91
2	10% - 20%	897,3	13,36
3	20% - 30%	103,5	1,54
4	30% - 40%	13,05	0,19
5	40% - 50%	0,27	0,001
TOTAL		6.718,59	100,00

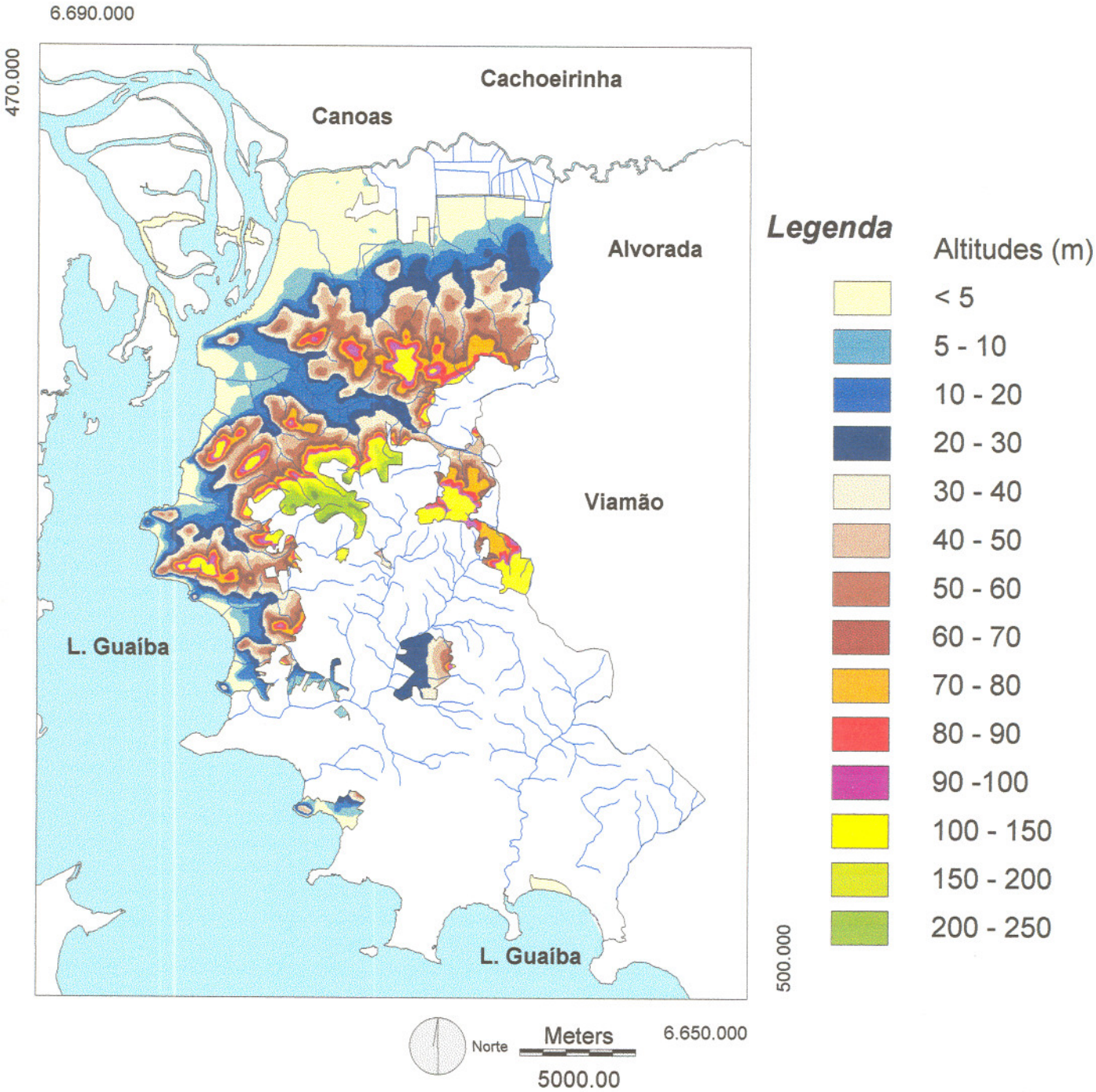

Figura 11.18 - PI-MDTF95 com a rede de drenagem sobreposta, mostrando o cruzamento do modelo digital do terreno fatiado com a mancha urbana existente em 1995.

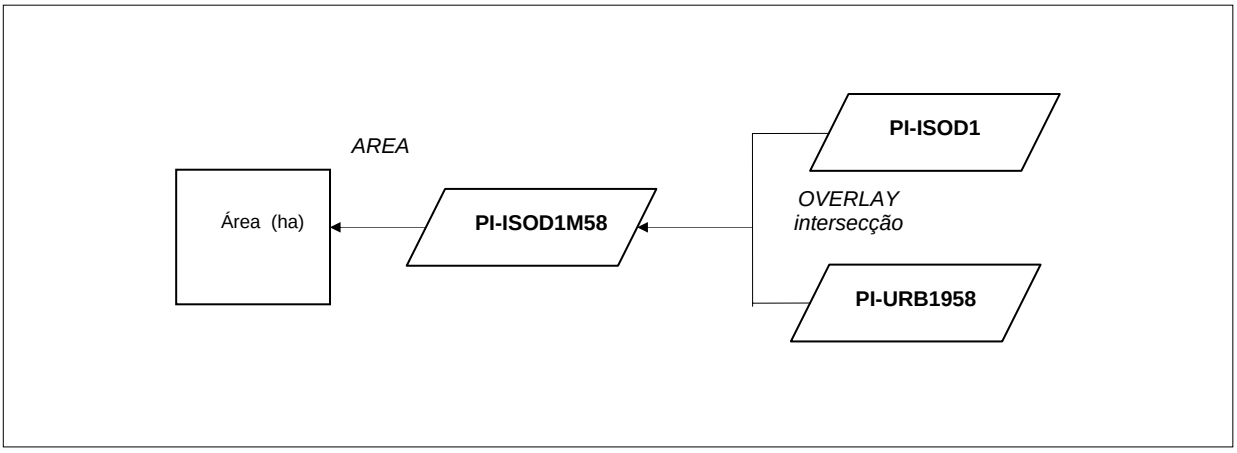

Figura 11.19 - Modelo cartográfico para a determinação do PI-ISOD1M58.

A imagem resultante para o PI-ISOD1M58 pode ser vista na figura 11.20.

11.15 - PLANO DE INFORMAÇÃO ISODECLIVIDADES 1 X MANCHA URBANA EM 1995 – PI - ISOD1M95

Esse plano de informação tem a mesma finalidade do PI anterior.

Para a área teste, o PI-ISOD1M95 (Figura 11.21), cujas áreas quantificadas estão na tabela 11.12, resultou do cruzamento da mancha urbana existente em 1995 com as áreas de isodeclividades geradas no PI-ISOD1, utilizando um modelo cartográfico análogo ao da figura 11.19.

Tabela 11.12 - Quantificação das áreas do PI-ISOD1M95

ID_CLASSE	ISODECLIVIDADES 1	ÁREA (ha)	%
1	0% - 10%	15.508,80	81,61
2	10% - 20%	2.713,5	14,28
3	20% - 30%	606,24	3,19
4	30% - 40%	131,76	0,69
5	40% - 50%	39,6	0,21
6	50% - 60%	3,15	0,02
TOTAL		19.003,05	100,00

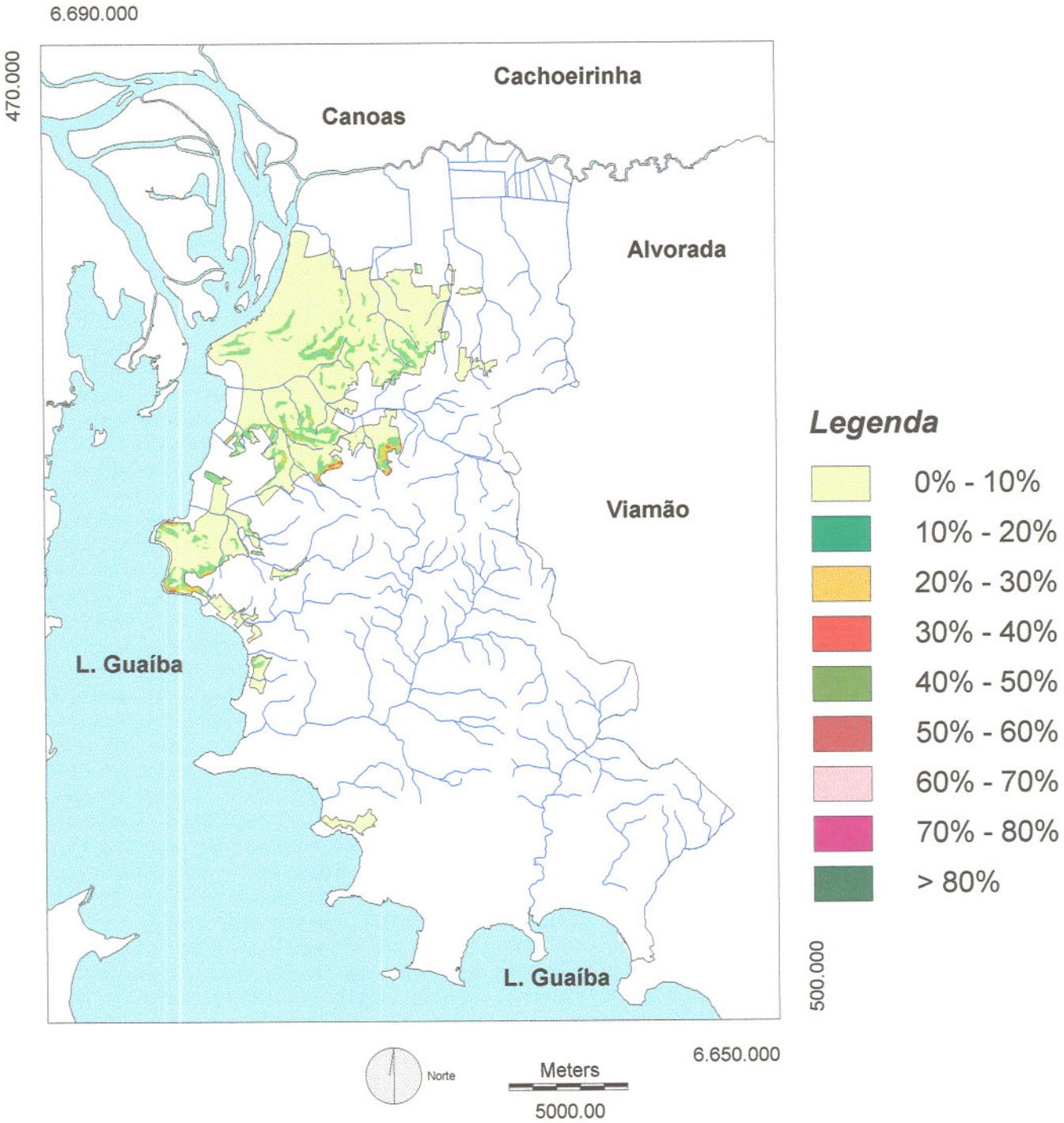

Figura 11.20 - PI-ISOD1M58, mostrando o cruzamento das isodeclividades 1 com a mancha urbana existente em 1958 e a rede de drenagem sobreposta.

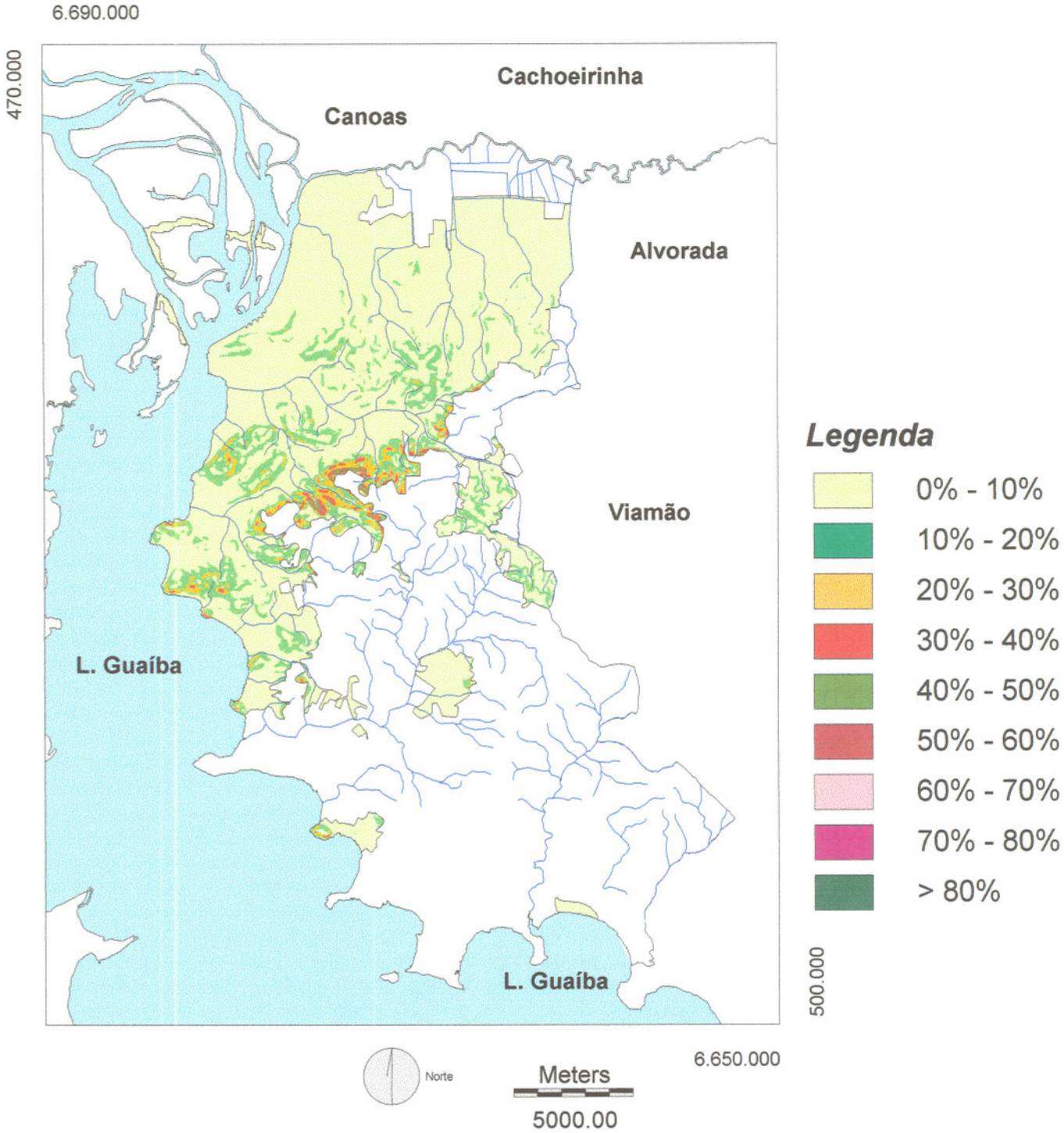

Figura 11.21 - PI-ISOD1M95, mostrando o cruzamento das isodeclividades 1 com a mancha urbana existente em 1995 e a rede de drenagem sobreposta.

11.16 - PLANO DE INFORMAÇÃO ISODECLIVIDADES 2 X MANCHA URBANA EM 1958 – PI - ISOD2M58

Esse plano de informação tem por finalidade a integração da mancha urbana com as áreas de isodeclividades 2 determinadas para a análise da ocupação urbana.

Para a área teste, o PI-ISOD2M58, cujas áreas quantificadas estão na tabela 11.13, resultou do cruzamento da mancha urbana existente em 1958 com as áreas de isodeclividades geradas no PI-ISOD2, conforme o modelo cartográfico da figura 11.22. O PI-ISOD2M58 pode ser visto na figura 11.23.

Tabela 11.13 - Quantificação das áreas do PI-ISOD2M58

ID_CLASSE	ISODECLIVIDADES 2	ÁREA (ha)	%
1	Favorável (0% <= d<=15%)	6.383,61	95,01
2	Restrita (15%<d<30%)	321,66	4,79
3	Não permitida (d>=30%)	13,32	0.20
TOTAL		6.718,59	100,00

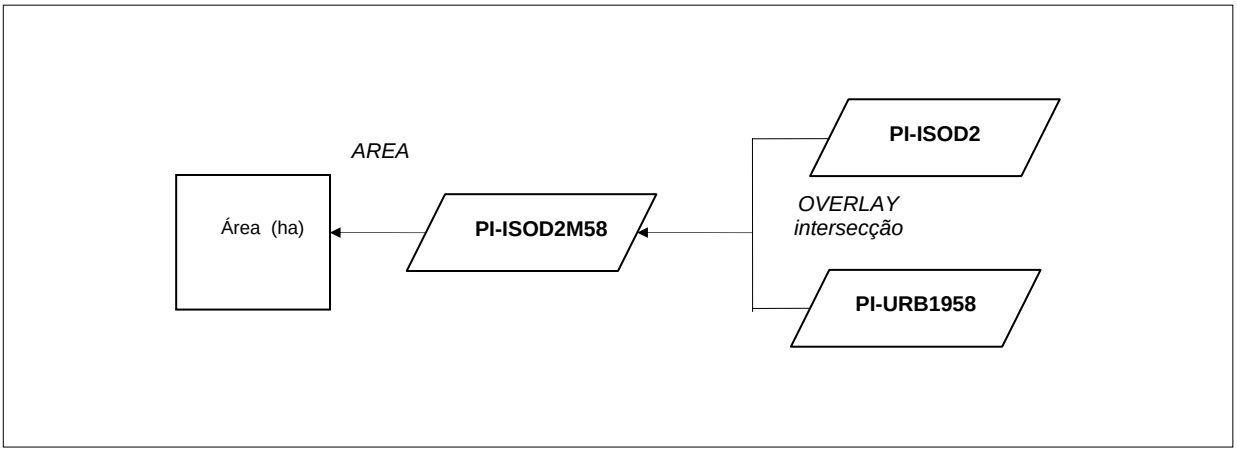

Figura 11.22 - Modelo cartográfico para a determinação do PI-ISOD2M58.

11.17 - PLANO DE INFORMAÇÃO ISODECLIVIDADES 2 X MANCHA URBANA EM 1995 – PI - ISOD2M95

Esse plano de informação tem também o objetivo de integrar os valores de isodeclividades 2 com a mancha urbana.

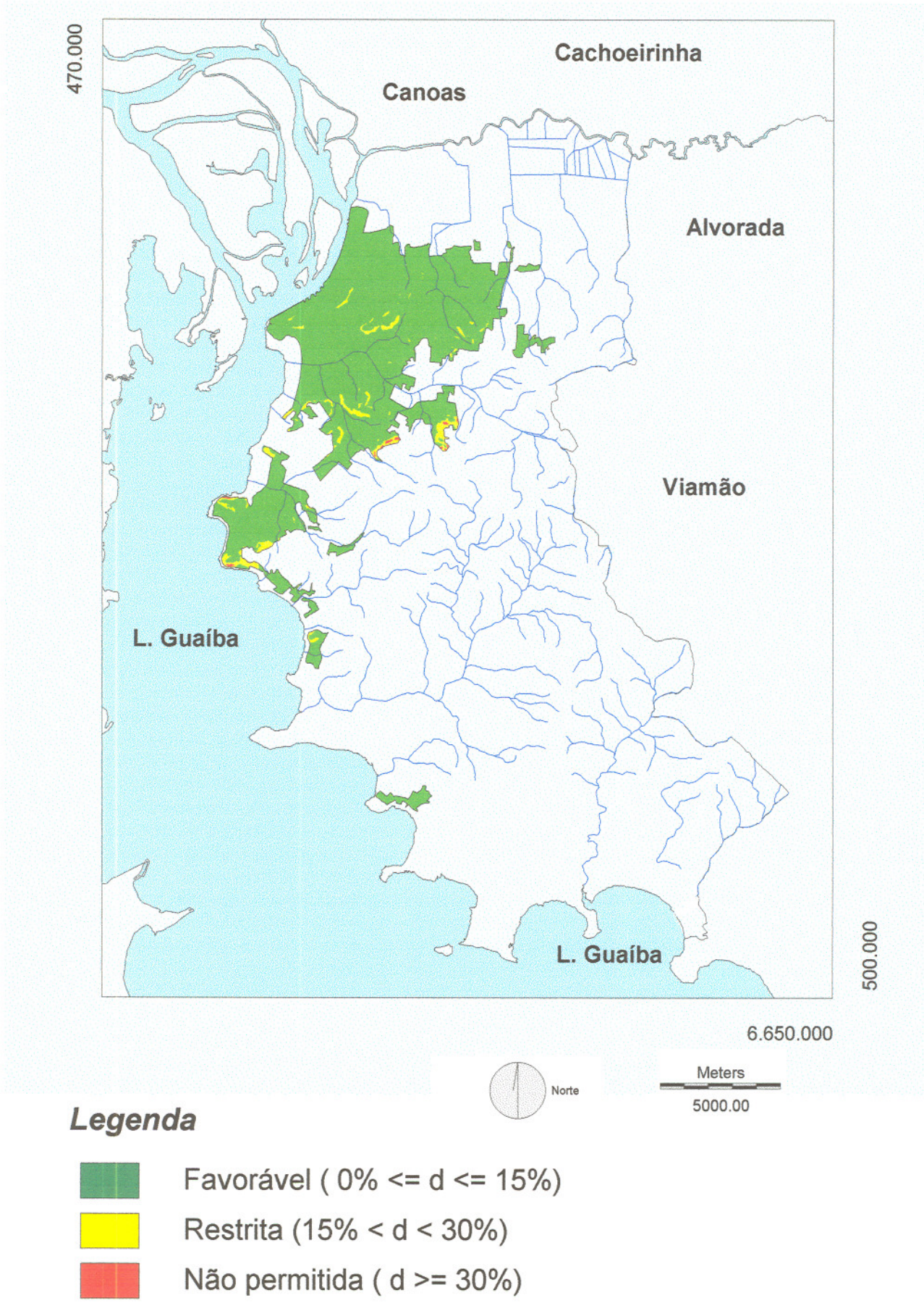

Figura 11.23 - Plano de informação isodeclividades 2 x mancha urbana em 1958, PI-ISOD2M58, com a sobreposição da rede de drenagem.

Para a área teste, o PI-ISOD2M95 (figura 11.24) cruzou as isodeclividades 2 com a mancha urbana existente em 1995, de acordo com modelo cartográfico semelhante ao anterior.

A tabela 11.14 apresenta a quantificação das classes temáticas obtidas no referido PI.

Tabela 11.14 - Quantificação das áreas do PI-ISOD2M95

ID_CLASSE	ISODECLIVIDADES 2	ÁREA (ha)	%
1	Favorável (0% <= d<=15%)	17.433,36	91,74
2	Restrita (15%<d<30%)	1.394,37	7,34
3	Não permitida (d>=30%)	174,96	0,92
TOTAL		19002,69	100,00

11.18 - PLANO DE INFORMAÇÃO RELEVO X MANCHA URBANA EM 1958 – PI - RELM58

Esse plano de informação visa a integração da mancha urbana com as informações sobre as classes de relevo (Lemos & Santos, 1984) existente na área teste.

Para o município de Porto Alegre (RS), o PI-RELM58 mostra o cruzamento das classes de relevo identificadas no PI-REL com a mancha urbana mapeada para o ano de 1958, tendo resultado da aplicação do modelo cartográfico da figura 11.25.

A tabela 11.15 apresenta os valores das áreas obtidas para cada uma das classes temáticas do referido plano de informação, enquanto a sua imagem pode ser vista na figura 11.26.

Tabela 11.15 - Quantificação das áreas do PI-RELM58

ID_CLASSE	RELEVO	ÁREA (ha)	%
1	Plano	2.809,89	41,82
2	Suavemente ondulado	2345,4	34,91
3	Ondulado	1446,93	21,54
4	Forte Ondulado	116,37	1,73
TOTAL		6.718,59	100,00

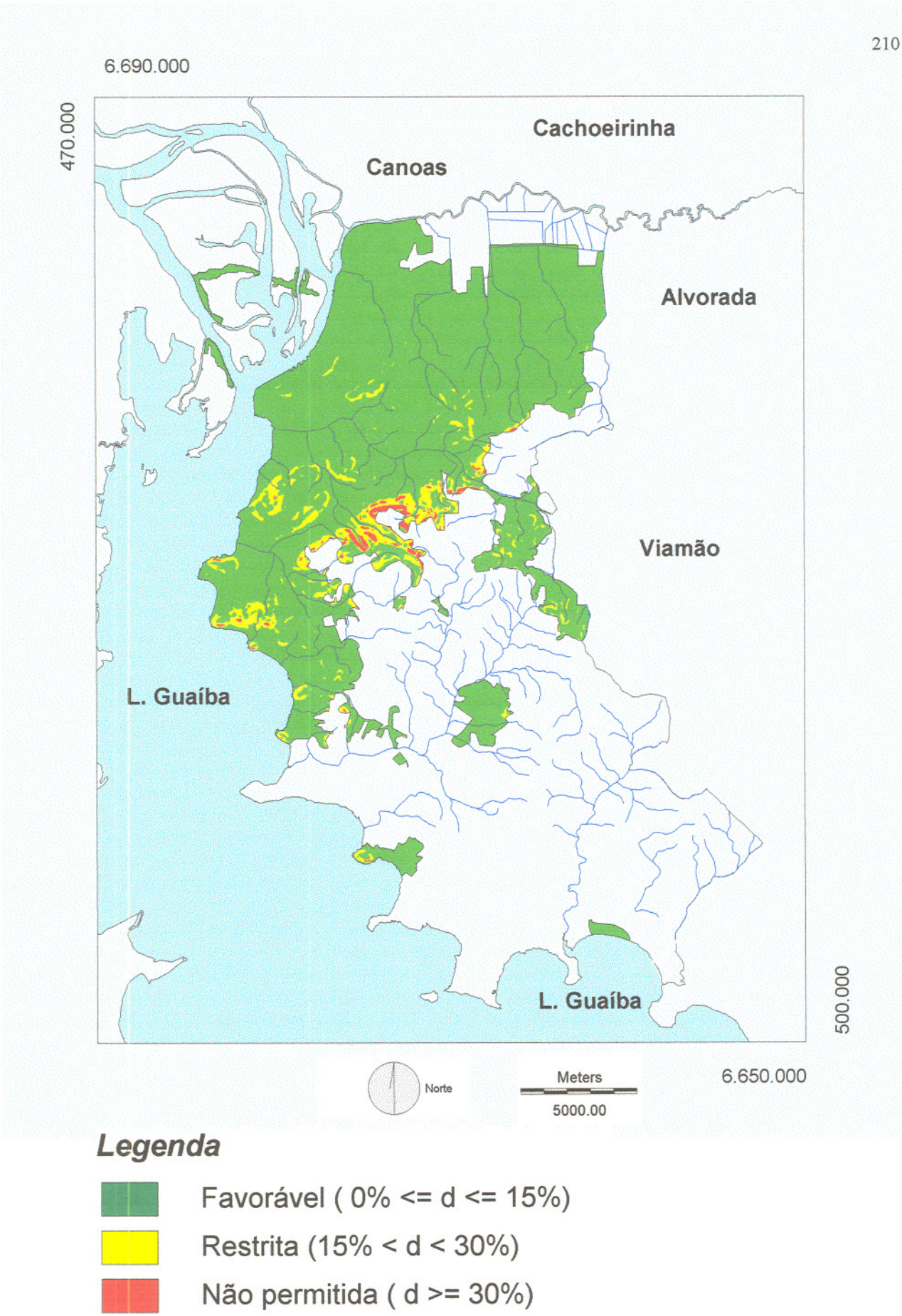

Figura 11.24 - Plano de informação isodeclividades 2 x mancha urbana em 1995, PI-ISOD2M95, com a sobreposição da rede de drenagem.

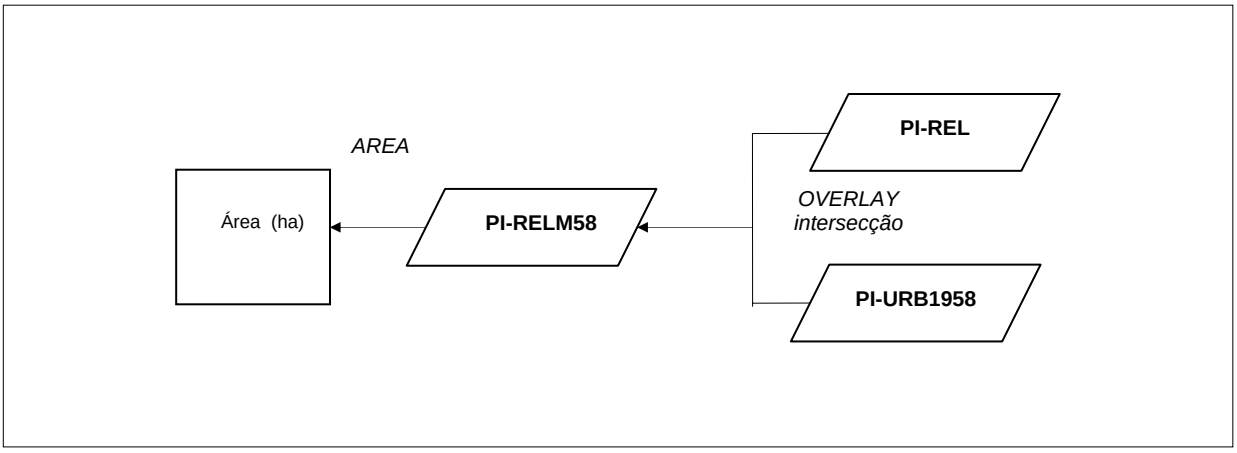

Figura 11.25 - Modelo cartográfico para a determinação do PI-RELM58.

11.19 - PLANO DE INFORMAÇÃO RELEVO X MANCHA URBANA EM 1995 – PI - RELM95

Esse plano de informação, a exemplo do anterior, visa a integração da mancha urbana com as informações sobre as classes de relevo (Lemos & Santos, 1984) existente na área teste.

Para o município de Porto Alegre (RS), o PI-RELM95 mostra o cruzamento das classes de relevo identificadas no PI-REL com a mancha urbana mapeada para o ano de 1995, tendo resultado da aplicação de um modelo cartográfico análogo ao do PI-RELM58.

A tabela 11.16 apresenta os valores da quantificação de áreas do PI. Já a figura 11.27 mostra a imagem correspondente.

Tabela 11.16 - Quantificação das áreas do PI-RELM95

ID_CLASSE	RELEVO	ÁREA (ha)	%
1	Plano	8.901,45	46,84
2	Suavemente ondulado	5.272,02	27,74
3	Ondulado	4.050,09	21,31
4	Forte Ondulado	762,66	4,01
5	Montanhoso	16,83	0,09
TOTAL		19.003,05	100,00

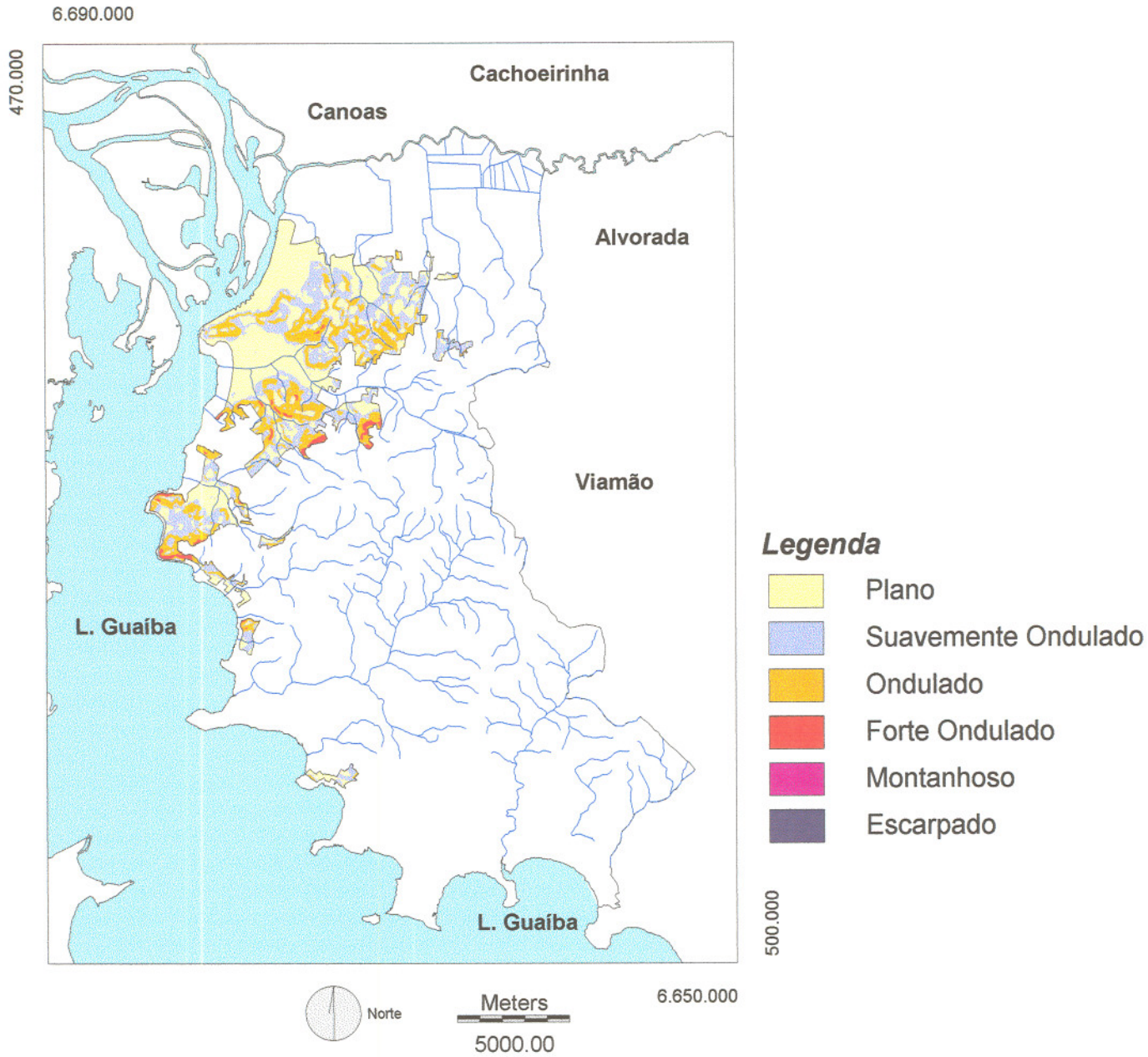

Figura 11.26 - PI-RELM58, resultante do cruzamento das classes de relevo mapeadas na área teste e a mancha urbana existente em 1958, com a sobreposição da rede de drenagem.

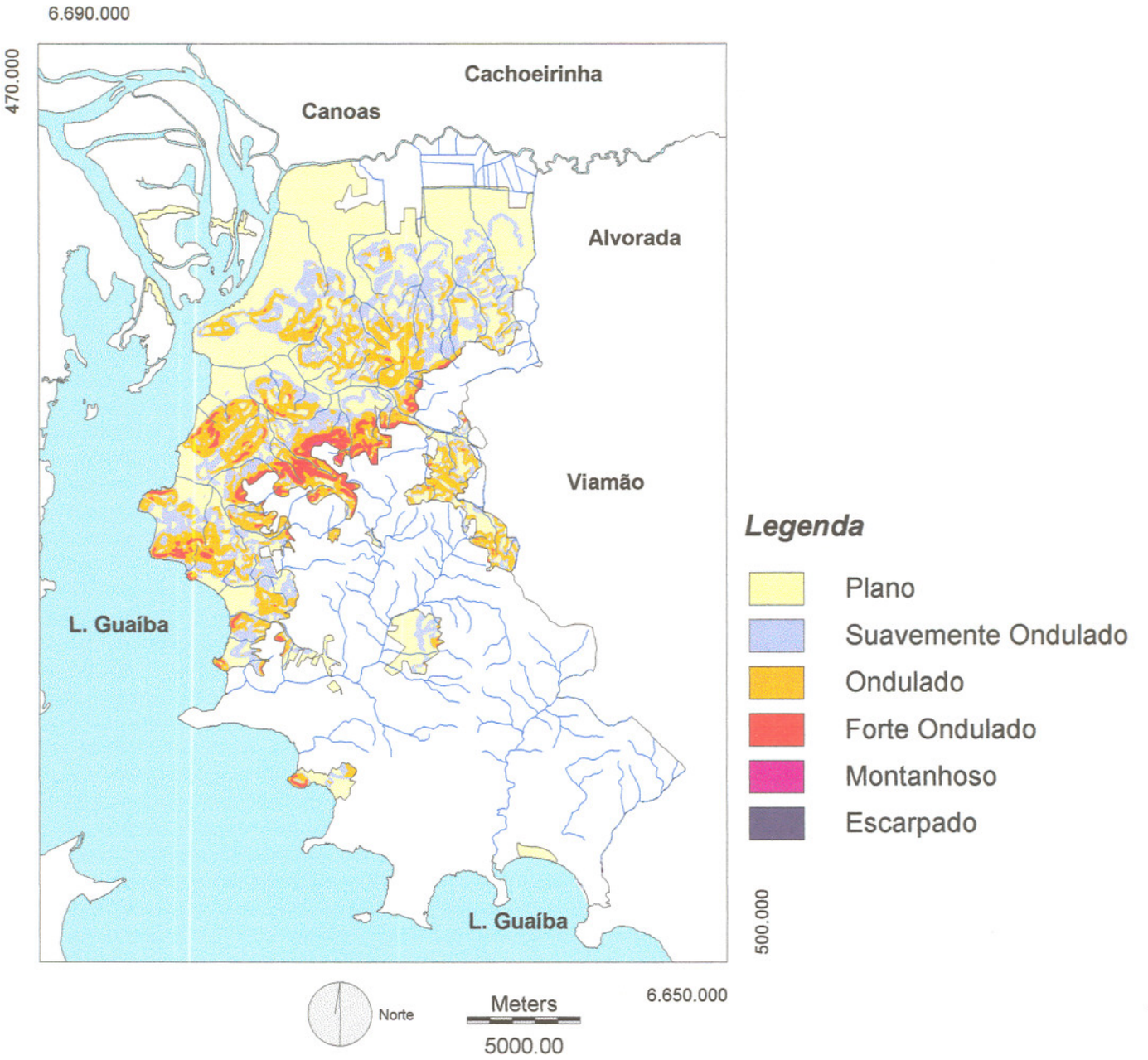

Figura 11.27 - PI-RELM95, resultante do cruzamento das classes de relevo mapeadas na área teste e a mancha urbana existente em 1995, com a sobreposição da rede de drenagem.