

## Proposição de Expansão Urbana na Região Metropolitana de Curitiba, com Base em Levantamentos e Cadastramentos Geotécnicos

Prof. Dr. Donizeti Antonio Giusti<sup>1</sup>  
Prof. Dr. Carlos Aurélio Nadal<sup>2</sup>

Departamento de Geologia  
Universidade Federal do Paraná  
Curitiba-PR

<sup>1</sup>  donizeti@geologia.ufpr.br

<sup>2</sup>  cnadal@geoc.ufpr.br

Conteúdo	
	1 Introdução
	2 Geologia Regional
	2.1 Formações Geológicas
	2.1.1 Embasamento Cristalino
	2.1.2 Grupo Açungui
	2.1.3 Diques de Diabásio
	2.1.4 Formação Guabirotuba
	2.1.5 Sedimentos Aluvionares
	3 Aspectos Geotécnicos
	3.1 Ensaio Geotécnicos
	3.1.1 Solos Aluvionares
	3.1.2 Solos Residuais
	3.1.3 Solos Litólicos ou Saprólitos
	4 Adequabilidade para Loteamentos
	4.1 Unidade de Terreno I (Sedimentos Aluvionares)
	4.2 Unidade de Terreno II (Solos Residuais sobre Formação Guabirotuba)
	4.3 Unidade de Terreno III (Solos Residuais sobre Diabásios)
	4.4 Unidade de Terreno IV (Solos Residuais sobre Rochas Calcárias)
	4.5 Unidade de Terreno V (Solos Residuais sobre Migmatitos)
	4.6 Unidade de Terreno VI (Solos Litólicos ou Saprólitos sobre Migmatitos e Diabásios)
	4.7 Unidade de Terreno VII (Solos Litólicos ou Saprólitos sobre Filitos e Quartzitos)
	5 Conclusões
	6 Referências Bibliográficas

**Resumo:** A Região Metropolitana de Curitiba apresenta uma das maiores taxas de crescimento do Brasil, contando hoje com uma população de aproximadamente 2,5 milhões de habitantes. Formada por vinte e cinco municípios e distribuída em uma área de 13.353,9 Km<sup>2</sup> necessita de metodologias e tecnologias de vanguarda para garantir qualidade de vida a essa população. O presente trabalho apresenta resultados de mapeamentos e cadastramentos geotécnicos realizados em diversos municípios da Região Metropolitana, com o intuito de contribuir para o planejamento urbano propondo áreas de adequabilidade para implantação de loteamentos urbanos.

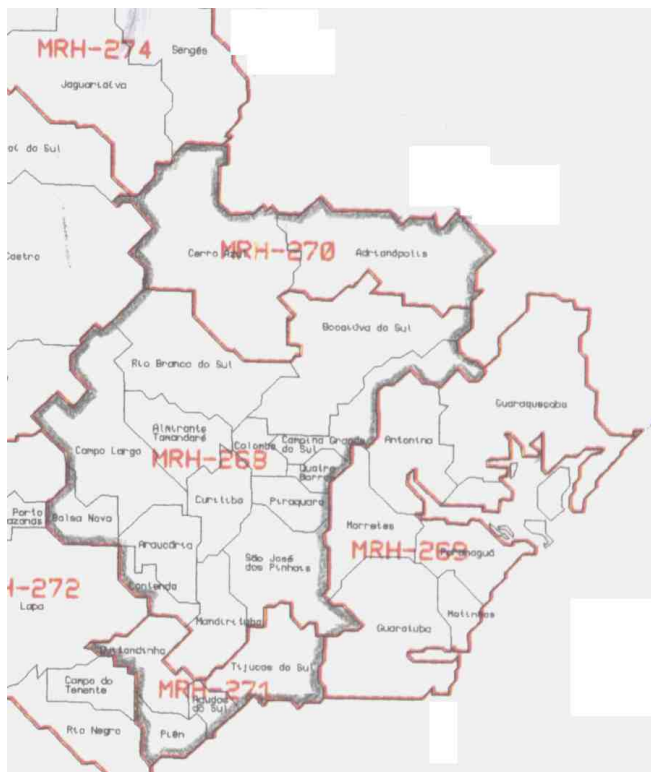
**Palavras chave:** mapeamento geotécnico, planejamento urbano, cadastro.

**Abstract:** The Metropolitan Area of Curitiba is among the 10 largest areas in Brazil. Curitiba has shown accelerated demographic growth and intensive environmental degradation. Data published by IBGE (Brazilian Geographic and Statistics Institute), 1996 indicate a population of 2,5 millions inhabitants, with many problems to expanding the urbanization areas. This paper presents geotechnical features and cadastres for its twenty counties as a basic contoll to planning urban occupation and to get quality of life to these people.

**Keywords:** geotechnical maps, urban planning, cadastral data.

### 1 Introdução

Nos últimos 30 anos Curitiba esteve voltada para o seu planejamento urbano, notadamente quanto ao transporte coletivo. Hoje, é necessário que as demais cidades limítrofes a capital paranaense, se preocupem em estruturar seus planos diretores, no sentido de estender soluções quanto à expansão urbana. Curitiba com uma área de 432 Km<sup>2</sup>, tem seu território quase totalmente ocupado, fazendo com que o crescimento demográfico atinja os municípios da Região Metropolitana, com infraestrutura urbana insuficiente ou até mesmo desprovidos de planejamento urbano. Este trabalho tem como objetivos subsidiar os técnicos e administradores municipais com sugestões relacionadas à ocupação urbana, levando em conta o aspecto geotécnico. Os Assentamentos Metropolitanos devem ser definidos em conjunto pela Assomec – Associação dos Municípios da Região Metropolitana de Curitiba (Fig. 1), procurando realizar trabalhos de mobilização com objetivos comuns. Os municípios vizinhos, até agora, praticavam políticas isoladas, embora muitos de seus problemas sejam comuns e dependam de ações conjuntas, principalmente em se considerando às condições geológicas.



**Figura 1** : Região Metropolitana de Curitiba. Fonte: IPARDES/1997

A integração metropolitana representa soluções a problemas ambientais e urbanos. Desta forma pode-se minimizar riscos geotécnicos, como ocorridos nas décadas de 70 e 80, com processos de deslizamentos de terra, inundações e infiltração e escoamento de "chorume". Naquele período, influenciados em parte, pelo índice de expansão demográfica de 5,7% ao ano. Embora a taxa anual de crescimento atual tenha caído para 4,09% , ainda é superior à média de 3,26% ao ano verificada nos demais centros urbanos do país, segundo o IBGE (Tabela I), merecendo estudos detalhados para a implantação de novos loteamentos.

**TABELA I** - Dados Cadastrais do Município de Curitiba (fonte: IPPUC/1999)

<b>População:</b>	<b>1.476.253 habitantes</b>	<b>Índice pluviométrico:</b>	<b>1500 mm/ano</b>
<b>Nº domicílios ocupados:</b>	351.994 (censo 91)	<b>Relevo:</b>	Região levemente ondulada situada no Primeiro Planalto Paranaense
<b>Hab. por domicílio:</b>	3,7 (censo 91)	<b>Latitude/longitude:</b>	25° 25'40"S/49° 16'23"W
<b>Habitantes por hectare:</b>	30,4 (censo 91)	<b>Municípios confrontantes:</b>	Almirante Tamandaré, Araucária, Campo Largo, Colombo, Fazenda Rio Grande, Pinhais, São José dos Pinhais e Campo Magro
<b>Área:</b>	432,17 km <sup>2</sup>	<b>Área verde por habitante:</b>	52,00 m <sup>2</sup>
<b>Extensão:</b>	Norte-Sul - 35 km Leste-Oeste – 20 km	<b>Clima:</b>	Subtropical úmido
<b>Rios:</b>	Iguaçu, Atuba, Belém, Barigui, Passaúna	<b>Temperatura média:</b>	Verão 22° C/ Inverno 12° C

## 2 Geologia Regional

### 2.1 Formações Geológicas

Litologicamente a Região Metropolitana de Curitiba constitui-se pelo embasamento cristalino, de idade Arqueana a Proterozóica e metasedimentos do Grupo Açungui (Proterozoico Superior), sobrepostos por uma cobertura de saprólitos e alterações de rochas especificamente nas áreas de maiores altitudes e encostas. Diques de diabásio de idade Jurocretáceo ocorrem na região atravessando as rochas do embasamento cristalino e metasedimentos. Na bacia do Rio Iguaçu desenvolveu-se uma sedimentação Pleistocênica denominada de Formação Guabirotuba. Todas formações citadas anteriormente sofreram um processo de dissecação e transporte sedimentar em proporções variadas, dependendo de cada sistema fluvial. A idade atribuída a estas planícies é Holocênica. Ocorrem sempre em contato geológico discordante e direto sobre as demais rochas (Giusti, 1989).

### 2.1.1 Embasamento Cristalino

Sequência gnáissico-migmatítica com predomínio de neossoma constituindo a base geológica da região, com atitudes preferencialmente N60E, com mergulhos verticais a sub-verticais. Esta sequência é formada por migmatitos heterogêneos de composição diversa, alternados principalmente por gnaisses e anfibolitos feldspatizados com biotita. Em algumas áreas são visíveis a ocorrência de aplitos. Todas essas rochas estão atravessadas por diques de diabásio de direção predominante N35W. As litologias anteriormente descritas separam-se da cobertura sedimentar por discordância angular e erosiva.

### 2.1.2 Grupo Açungui

No conceito atual o Grupo Açungui refere-se as sequências litológicas de felitos e quartzitos com lentes de dolomitos. Em áreas onde a espessura das lentes dolomíticas ultrapassa 20 metros é comum o desenvolvimento de processo de carstificação, com presença frequente de grutas e dolinas. A análise geomorfológica evidencia dois compartimentos distintos: o primeiro com cristas alongadas e relevo enérgico devido a resistência ao intemperismo de quartzitos e filitos; o segundo em processo de intensa dolinização com áreas levemente ondulados em altitudes pelo menos 40 metros inferior às cristas de quartzitos. Apresentam-se fortemente estruturadas com direção predominante N45E e mergulho variando entre 15° a 80°.

### 2.1.3 Diques de Diabásio

Os diques de diabásio pertencem ao magmatismo básico que ocorreu no período juro-cretáceo na Bacia do Paraná. Suas espessuras variam entre 10 e 25 metros sendo constituídos preferencialmente por minerais ferromagnesianos (piroxênios e anfibólios), seguidos de feldspatos (plagioclásio) e pouco quartzo originando assim solos bastante argilosos.

### 2.1.4 Formação Guabirotuba

Caracteriza-se por uma sequência sedimentar com espessuras máximas de 80m, na porção central da Bacia de Curitiba. Esses depósitos são por constituídos por argilitos na sua maioria, contendo intercalações de arcósios; às vezes com impregnações de calcita e minerais do grupo das terras raras. Os sedimentos da Formação Guabirotuba apresentam uma estratificação incipiente, e entre cruzada disposta horizontalmente com mergulho médio de 8°, e assentando-se discordantemente sobre rochas do embasamento cristalino.

### 2.1.5 Sedimentos Aluvionares

Sedimentos aluvionares (planícies de inundação) holocênicos que ocorrem nas várzeas do Rio Iguaçu, Rio Barigui e Rio Passaúna. São constituídos de turfas e sedimentos argilosos passando a arenosos e cascalhos ultrapassando a espessura de 25m no Rio Iguaçu, e inferiores a 10m nos Rios Barigui e Passaúna. Tratam-se de áreas de inundação amplas associadas a evolução da planície aluvionar da Bacia do Rio Iguaçu.

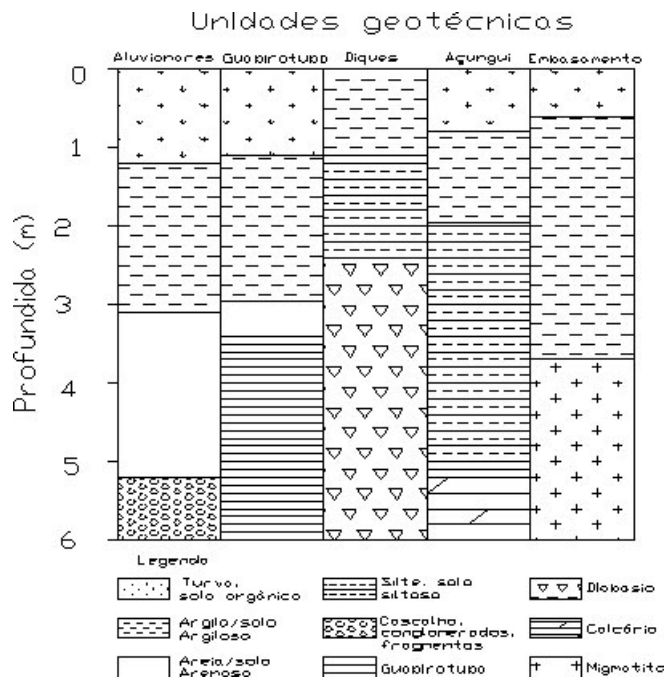
## 3 Aspectos Geotécnicos

### 3.1 Ensaio Geotécnicos

Os ensaios geotécnicos de campo permitem visualizar "in loco" atributos que avaliam o comportamento geotécnico das litologias e a relação solo/rocha com as variáveis hidrológicas. Os ensaios e análises efetuadas serviram para caracterizar as seguintes propriedades dos materiais: classe textural (granulometria); porosidade e grau de saturação (índices de campo); teores de umidade (limites de liquidez e de plasticidade); volume de fluxo de água (permeabilidade) e avaliação de absorção de água (erodibilidade), conforme observado na Tabela II e Figura 2.

TABELA II - Índices físicos dos solos

Unidade de terreno	Granulometria (Ag – Si – Ar)	porosidade	permeabilidade	liquidez	plasticidade	erodibilidade	Lençol freático
Aluvionar	31 31,5 37,5	23,2	10 <sup>-4</sup>	70,5	24,1	28,8	3,5
Saprólito ou solos litológicos	8,9 16,0 75,1	41,5	10 <sup>-3</sup>	30,3	22,1	26,4	9,2
Solo residual diabásico	39,5 39 21,5	12,5	10 <sup>-3</sup>	60,5	35,2	17	Ind.
Solo residual migmatito	8 41 51	33,6	10 <sup>-4</sup>	36,5	32,8	12	8,0



**Figura 2** : Perfil representativo das unidades geotécnicas

Para o conhecimento do nível de profundidade do lençol freático e determinação do contato rocha intemperizada/rocha sã o método mais empregado é a geofísica, através de sondagens de eletroresistividade . (Tabela III).

**Tabela III** - Sondagens de Eletroresistividade

a) solos residuais			b) solos aluvionares		
Espessura (m)	Resistividade (ohm.m)	Condições do material	Espessura (m)	Resistividade (ohm.m)	Condições do material
0,0 – 2,90	130	sêco	0,0 – 0,90	160	sêco
2,90 – 8,00	110	sub-saturado	0,90 – 2,50	105	sub-saturado
8,00– 29,20	80	saturado à sub-saturado	2,50-12,0	65	saturado à sub-saturado
29,20-65,0	290	blocos de rochas ou compacto	maior que 12,0	190	cascalho, blocos de rocha ou rocha sã
maior que 65,0	370	rocha sã			

### 3.1.1 Solos Aluvionares

Nos fundos de vales ocorrem sedimentos aluvionares relacionados aos diversos processos de inundação durante a evolução das bacias. Esses sedimentos depositam-se diretamente sobre rochas do Embasamento Cristalino e Grupo Açungui em discordância erosiva. Apresentam como perfil típico:

- solo orgânico turfoso, frequentemente argiloso, porosidade elevada, textura silto-argilosa, boa permeabilidade, elevada plasticidade, facilidade de penetração, com espessura média de 0,50m.
- sedimento silto-argiloso marrom à cinza, poroso, boa permeabilidade, elevada plasticidade, facilidade de penetração, com espessura média de 1,50m.
- sedimento arenoso às vezes conglomerático de coloração variada, elevada porosidade e permeabilidade, resistentes à penetração, com espessura média de 3,20m.
- nível médio do lençol freático à 2,00m.

### 3.1.2 Solos Residuais

Esta unidade ocorre com maior frequência na região e é constituída de solos residuais jovens a maduros, com inclusões de solos transportados (colúvio). O perfil típico caracteriza-se por:

- solo transportado argilo/arenoso (colúvio), marrom amarelado, poroso, baixa resistência à penetração, elevada permeabilidade,

presença de linhas de quartzo (paleocanais) e espessura média inferior a 2,00m.

-solo maduro a jovem conservando algumas estruturas da rocha original, matriz argilosa, coloração branca a amarela, poroso, elevada permeabilidade, baixa resistência à penetração, espessuras médias de 2,50m.

-saprólito de coloração rósea, vermelha, marrom e amarela, com textura silto-arenosa, estrutura geológica vertical à sub-vertical, constituído de micas, veios de quartzo e caulinita, boa porosidade, elevada permeabilidade, elevada resistência a penetração, espessura média superior a 10,00m.

-nível médio do lençol freático a 18,00m.

### 3.1.3 Solos Litólicos ou Saprólitos

Ocorre nas áreas onde o relevo é mais enérgico desenvolvendo elevado padrão de declividade superior a 45%. Caracterizam-se com pequenas espessuras de solos coluvionares ou orgânicos ficando restritos à:

-zonas de exposição de afloramentos de migmatitos pouco alterados com predominância de aplitos (neossoma).

-blocos arredondados de diabásio com diâmetro superior a 0,30m.

-quando desenvolvidos sobre filitos e quartzito é comum ausência quase total de solos de granulometria fina predominando placas e fragmentos estratificados.

-aquífero fissurado com nível a profundidade superior 50,00m

## 4 Adequabilidade para Loteamentos

A apresentação de adequabilidade tem por objetivo recomendar, facilitar e sintetizar as informações e dados do cadastramento geotécnico para o planejador urbano e empreendedor imobiliário como uma contribuição técnica mais específica (*Convênio COMEC-Mineropar, 1995*). Desta forma foram cadastrados para a região 7 Unidades Geotécnicas de Terreno considerando a litologia, materiais inconsolidados, gênese, textura, granulometria, espessura, porosidade e permeabilidade (percolação e absorção), espessura (geofísica) e resistência à penetração. As Unidades Geotécnicas de Terreno foram avaliadas quanto à adequabilidade para loteamentos levando em consideração os seguintes atributos (*Oliveira, 1998*):

-erosão

-inundações

-movimentos de massa

-queda de blocos

-poluição de aquíferos

-fundações

-colapso e acomodação de camadas de solo

### 4.1 Unidade de Terreno I (Sedimentos Aluvionares)

#### Avaliação

-áreas de equilíbrio hidrológico

-preservação permanente e proteção de mananciais superficiais e subterrâneos

-potencial hidrogeológico moderado

-recomendadas para loteamentos residências sem escavações do terreno superior a 4,00m.

-inadequadas para infraestrutura enterrada superior a 4,00m.

#### Problemas esperados

-nível freático raso

-áreas suscetíveis a enchentes para declividades menores de 6%

-áreas relacionadas a mananciais, vulneráveis à poluição dos rios e aquíferos

### 4.2 Unidade de Terreno II (Solos Residuais sobre Formação Guabirotuba)

#### Avaliação

-adequado para instalações de loteamentos residenciais e vias de circulação

-adequados para instalação de infraestrutura enterrada

-livre de processos erosivos quando mantida a vegetação de recobrimento

-necessidade de movimentação de pouco volume de materiais para terraplenagem e escavação

-necessidade de proteção nos cortes e aterros quando superior a 2,00m.

-inadequados para disposição de resíduos de qualquer espécie

-indisponíveis para material de empréstimo

#### Problemas esperados

-susceptibilidade à erosão por ravinamento quando retirada a camada superficial do solo e cobertura vegetal

-suscetíveis à escorregamento com declividades superiores a 20%

### 4.3 Unidade de Terreno III (Solos Residuais sobre Diabásios)

#### Avaliação

-adequados para instalação de loteamentos residenciais e vias de circulação

-inadequado para instalação de infra – estrutura enterrada

-susceptibilidade à erosão quando aumenta a declividade

- necessidade de movimentação de grande volume de materiais para terraplenagem em escavações com declividades superiores a 20%
- necessidade de proteção vegetal nos cortes e aterro
- inadequadas para disposição de resíduos
- indisponíveis para material de empréstimo

#### Problemas esperados

- suscetibilidade à erosão quando retirada a camada superficial do solo e cobertura vegetal
- suscetíveis à escorregamento com declividades superiores a 20%

#### **4.4 Unidade de Terreno IV (Solos Residuais sobre Rochas Calcárias)**

##### Avaliação

- restrito para implantações de loteamentos residenciais, dependendo de critérios técnicos com aproveitamento de recursos hídricos
- necessidade de estudos preliminares para determinação do potencial de carstificação
- necessidade de obras especiais de fundações como: ancoragem, estaqueamentos e injeções e obturações
- inadequados para disposição de resíduos ou instalação de indústrias poluidoras
- áreas de proteção do aquífero cárstico
- inadequados para descarga de efluentes domésticos ou agroquímicos

##### Problemas esperados

- colapsos de solo e subsidência do terreno
- recalque em fundações
- migração de solo em cavidades
- contaminação do aquífero cárstico

#### **4.5 Unidade de Terreno V (Solos Residuais sobre Migmatitos)**

##### Avaliação

- adequabilidade boa a moderada para implantação de vias de circulação e loteamentos em conformidade com a topografia
- quando desprovidos de cobertura vegetal é necessário que se realize contenção e estabilização de cortes e aterros
- na execução de cortes deve-se limitar à altura máxima de 2,50 m
- no caso de detecção de fontes ou nascentes de água deve-se mantê-las protegidas por vegetação
- baixa suscetibilidade à erosão para declividades na faixa de 10-20%

##### Problemas esperados

- possibilidade de escorregamento ou erosão ou movimentos de massa se ocorrer interceptação do nível do lençol freático ou os cortes atingirem alturas superiores a 3,50 m para declividades superiores a 20%

#### **4.6 Unidade de Terreno VI ( Solos Litólicos ou Saprólitos sobre Migmatitos e Diabásios)**

##### Avaliação

- dificuldade de implantação de estruturas enterradas
- difícil escavabilidade
- no caso da execução de cortes ou bancadas deve-se aproveitar os fragmentos das rochas para utilização como gabiões
- em casos específicos deve-se proceder o entelamento em conjunto com implantação de vegetação

##### Problemas esperados

- erosão intensa com transporte de fragmentos rochosos
- deslizamentos ou escorregamentos quando desprovidos de vegetação ou os cortes atingirem alturas superiores a 3,50m

#### **4.7 Unidade de Terreno VII (Solos Litólicos ou Saprólitos sobre Filitos e Quartzitos)**

##### Avaliação

- inadequados para ocupação urbana
- dificuldade de implantação de infraestrutura enterrada
- difícil escavabilidade (uso de explosivos)
- suscetibilidade a queda de blocos
- dificuldade para abastecimento de água
- inadequados para disposição de resíduos

##### Problemas esperados

- possibilidade de escorregamentos e movimentos de massa
- queda de blocos
- possibilidades de recalque em fundações
- instabilidade de cortes, taludes e aterros

## 5 Conclusões

Os levantamentos executados não ficaram restritos apenas a perímetros imobiliários uma vez que as condições geológicas não se limitam a demarcações de propriedades. É importante esclarecer que em função da continuidade das estruturas geológicas por grandes extensões, às vezes um detalhe geológico/geotécnico pode ser melhor visualizado em um afloramento não no próprio local de estudo mas, nas suas vizinhanças. Baseado nessas informações, nas análises e trabalhos executados pôde-se definir as 7 Unidades Geotécnicas predominantes na região de Curitiba, onde novos estudos e pesquisas podem concluir e detalhar novos atributos de adequabilidade geotécnica.

Dos resultados cadastrados pode-se sugerir que: certos núcleos de urbanização necessitam serem removidos urgentemente; novos loteamentos precisam ser documentados com cartas de risco geológico; órgãos responsáveis pela fiscalização e planejamento urbano devem dispor de dados cadastrais geotécnicos (exigido previamente durante a licença) em meio digital. Sem essa soma de esforços a expansão urbana continuará se dando erradamente, sujeita a riscos geotécnicos e proporcionando a degradação ambiental.

## 6 Referências Bibliográficas

**Convenio COMEC-MINEROPAR.:** Projeto Geotecnia – RMC, Comec; Folhas A-100 e 103, Curitiba, 1995.

**Giusti, D. A.:** Contribuição à geologia ambiental no município de Curitiba. Dissertação de Mestrado, IGUSP, São Paulo, 1989, 98 páginas.

**IPPUC.:** Mapa da Região Metropolitana. Curitiba, 1999.

**Oliveira, L. M.:** Guia de prevenção de acidentes geológicos urbanos. Curitiba: Mineropar, 1998, 52 páginas.