



**CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO PARA FINS DE PLANEJAMENTO  
URBANO COM A INDICAÇÃO DE ÁREAS DE RISCOS GEOLÓGICOS**

**TIJUCAS DO SUL (PR)**

Curitiba  
2018

---

Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná - ITCG  
Caracterização do meio físico para fins de planejamento urbano com a indicação de áreas de riscos geológicos – Tijucas do Sul (PR). Curitiba : ITCG, 2018.  
31 p., 3 mapas.

1. Mapeamento geológico. 2. Mapeamento geotécnico. 3. Riscos geológicos. 4. Tijucas do Sul (PR). I. Falcade, D. II Título.

CDU 624.13 (816.21)

---

Permitida a reprodução total ou parcial, desde que citada a fonte.  
INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOLOGIA DO PARANÁ  
Rua Desembargador Motta, 3384  
CEP 80.430-200 - Curitiba - Paraná - Brasil  
Telefone: 55 41 3304-7700 - Fax 55 41 3304-7063  
homepage: [www.pr.gov.br/itcg](http://www.pr.gov.br/itcg) - email: [itcg@pr.gov.br](mailto:itcg@pr.gov.br)



# **GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ**

**Maria Aparecida Borghetti**  
Governadora

## **SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SEMA**

**Antonio Carlos Bonetti**  
Secretário

### **ITCG – INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOLOGIA DO PARANÁ**

**Amilcar Cavalcante Cabral**  
Diretor Presidente

**Oscar Salazar Júnior**  
Diretor de Geologia

**Gislene Lessa**  
Diretora de Geomática



## **DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA - DEGET**

### **Execução e elaboração**

Geólogo Diclécio Falcade

### **Apoio:**

Técnico de Mineração Miguel Ângelo Moretti (geoprocessamento)

Beatriz Rodacoski (revisão e edição)

## ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO.....   | 7  |
| 2. JUSTIFICATIVA.....  | 7  |
| 3. LOCALIZAÇÃO E ACESSO.....                                       | 7  |
| 4. METODOLOGIA DE TRABALHO.....                                    | 8  |
| 5. MEIO FÍSICO.....  | 10 |
| 5.1. Geomorfologia.....  | 10 |
| 5.2. Hidrografia.....  | 11 |
| 5.3. Coberturas de materiais inconsolidados .....                  | 12 |
| 5.3.1 Solos residuais.....   | 13 |
| 5.3.2 Solos transportados.....                                     | 13 |
| 5.4. Geologia / Unidades de terreno (Ut) .....                     | 13 |
| 5.4.1 Complexo gnáissico migmatítico (unidade de terreno – I)..... | 14 |
| 5.4.2 Suíte álcali-granitos (unidade de terreno – II).....         | 17 |
| 5.4.3 Formação Guabirota (unidade de terreno - III).....           | 21 |
| 5.4.4 Quaternário/aluviões (unidade de terreno - IV) .....         | 25 |
| 6. ENCHENTES E ALAGAMENTOS.....                                    | 28 |
| 7. MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA.....                         | 28 |
| 8. ÁREAS RESTRITIVAS.....  | 31 |
| 9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....                                 | 31 |
| 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                               | 32 |

## **MAPAS**

Anexo 1- MAPA DE PONTOS

Anexo 2 - MAPA DE DECLIVIDADES

Anexo 3 – MAPA GEOLÓGICO / UNIDADES DE TERRENO

## TÁBUA DE IDENTIFICAÇÃO DE ABREVIações E RESPECTIVAS UNIDADES

|             |   |
|-------------|---|
| <b>Ag</b>   | Argila (partículas < 0,002 mm)                                  |
| <b>Si</b>   | Silte (0,002 a 0,02 mm)   |
| <b>Ar</b>   | Areia (0,02 a 2,0 mm)   |
| <b>ps</b>   | Massa específica dos sólidos - g/cm <sup>3</sup>                |
| <b>pdc</b>  | Massa específica seca de campo – g/cm <sup>3</sup>              |
| <b>eo</b>   | Índice de vazios natural  |
| <b>n</b>    | Porosidade - %  |
| <b>Sr</b>   | Grau de saturação   |
| <b>pdmx</b> | Massa específica seca de campo – g/cm <sup>3</sup>              |
| <b>wot</b>  | Teor de umidade ótima do solo - %                               |
| <b>S</b>    | Índice de absorção de água                                      |
| <b>P</b>    | Perda de peso por imersão - %                                   |
| <b>E</b>    | Índice de erodibilidade   |
| <b>LL</b>   | Limite de liquidez  |
| <b>LP</b>   | Limite de plasticidade  |
| <b>CTC</b>  | Capacidade de troca de cátions – meq/100g                       |
| <b>SE</b>   | Superfície específica – m <sup>2</sup> /g                       |
| <b>Vb</b>   | Valor de absorção de azul de metileno do solo – g/100g          |
| <b>Acb</b>  | Valor de absorção de azul de metileno na fração argila – g/100g |
| <b>Ph</b>   | Potencial hidrogeniônico  |

## **1. INTRODUÇÃO**

O presente trabalho refere-se à caracterização do meio físico da área urbana do município de Tijucas do Sul (PR), além das áreas de Lagoinha, Tabatinga e Campina, para fins de planejamento, visando subsidiar a Prefeitura Municipal na adequação do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano por meio da definição da adequabilidade dos terrenos para os diferentes tipos de ocupação, dando ênfase à caracterização de áreas suscetíveis aos escorregamentos de encostas e áreas sujeitas a inundações e alagamentos que podem trazer prejuízos socioeconômicos para a sociedade, além da possibilidade de perda de vidas humanas.

O objeto da presente avaliação é a área urbanizada e imediações da cidade de Tijucas do Sul, abrangendo uma superfície aproximada de 80,0 km<sup>2</sup>.

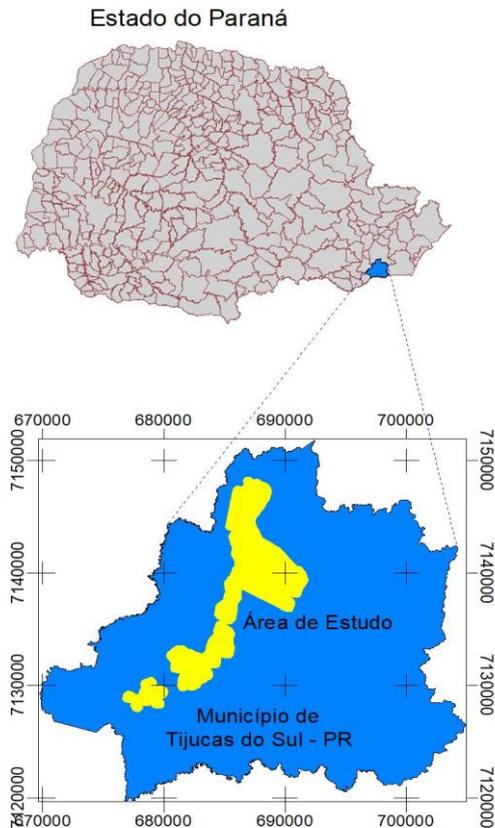
## **2. JUSTIFICATIVA**

A Prefeitura Municipal de Tijucas do Sul solicitou apoio do ITCG e da COMEC, para a caracterização do meio físico das áreas mencionadas anteriormente, com abordagem dos aspectos geológicos, pedológicos geomorfológicos, hidrogeológicos e ambientais locais. Na oportunidade, foi solicitada também a delimitação das áreas de risco para constarem no Plano Diretor.

## **3. LOCALIZAÇÃO E ACESSO**

O Município de Tijucas do Sul está localizado na região Sudeste do estado do Paraná, integrando a região metropolitana de Curitiba, com 672,2 km<sup>2</sup> de extensão territorial, tendo como municípios limítrofes Agudos do Sul, Mandirituba e Garuva (SC). A população é de 14.526 habitantes (último censo) e situado a uma altitude média de 946m. A sede municipal situa-se a uma distância aproximada de 55 km a partir de Curitiba, capital do estado, acessada por meio da rodovia BR-376, conforme indicado nos mapas a seguir (Figura 1).

## Mapa de Localização



**Figura 1** - Localização do município de Tijucas do Sul e a área estudada.

## 4. METODOLOGIA DE TRABALHO

A caracterização do meio físico foi realizada através da execução de mapeamento geológico-geotécnico, segundo princípios metodológicos propostos por COTTAS (1983) e ZUQUETTE (1993), com adaptações implantadas em função e necessidades da prefeitura local, sem a realização de ensaios geotécnicos. Além do limite das áreas fornecido pela prefeitura, traçou-se um *buffer* de 300 metros ao redor de todas elas para a abrangência do estudo.

Para a realização dos trabalhos foram executadas as seguintes atividades e utilizadas as seguintes imagens e cartas topográficas:

- a) Revisão bibliográfica.
- b) Análise de mapas anteriores e imagens do Google Earth.
- c) Elaborado mapa de declividades englobando todas as áreas, utilizando-se as bases cartográficas do Serviço Geográfico do Exército, Folhas MI-2857-4 NE, MI- 2857-4-NO e MI-2857-SO, escala 1:25.000 (2002), curvas a cada 10 metros.

| Classes de declividade | Inclinações     |
|------------------------|-----------------|
| 0-2,5%                 | 0 - 1°27'       |
| 2,5 - 5%               | 1°27' - 2°51'   |
| 5 - 10%                | 2°51' – 5°42'   |
| 10 - 20%               | 5°42' – 11°18'  |
| 20 - 30%               | 11°18' – 18°26' |
| >30 %                  | > 18°26'        |

- d) Na sede do município e áreas selecionadas foram descritos 67 pontos, em seis dias de trabalho de campo, necessários para o conhecimento da geologia local e das variáveis que causam os alagamentos e MGM. O trabalho focou a classificação e delimitação das coberturas de materiais inconsolidados (solos residuais e solos transportados/colúvios); o reconhecimento dos tipos rochosos, locais de áreas úmidas e a observação de sinais de movimentos de massa, como trincas no terreno, degraus de abatimento nos solos, além da identificação de movimentos de massa antigos.
- e) O software utilizado para a elaboração dos mapas básicos e temáticos foi o ArcView 3.2a.

Foram gerados os seguintes mapas básicos e temáticos:

- Mapa de Pontos (Anexo 1).
- Mapa de Declividades (Anexo 2).
- Mapa Geológico – Unidades de Terreno (Anexo 3).

## **5. MEIO FÍSICO**

### **5.1 Geomorfologia**

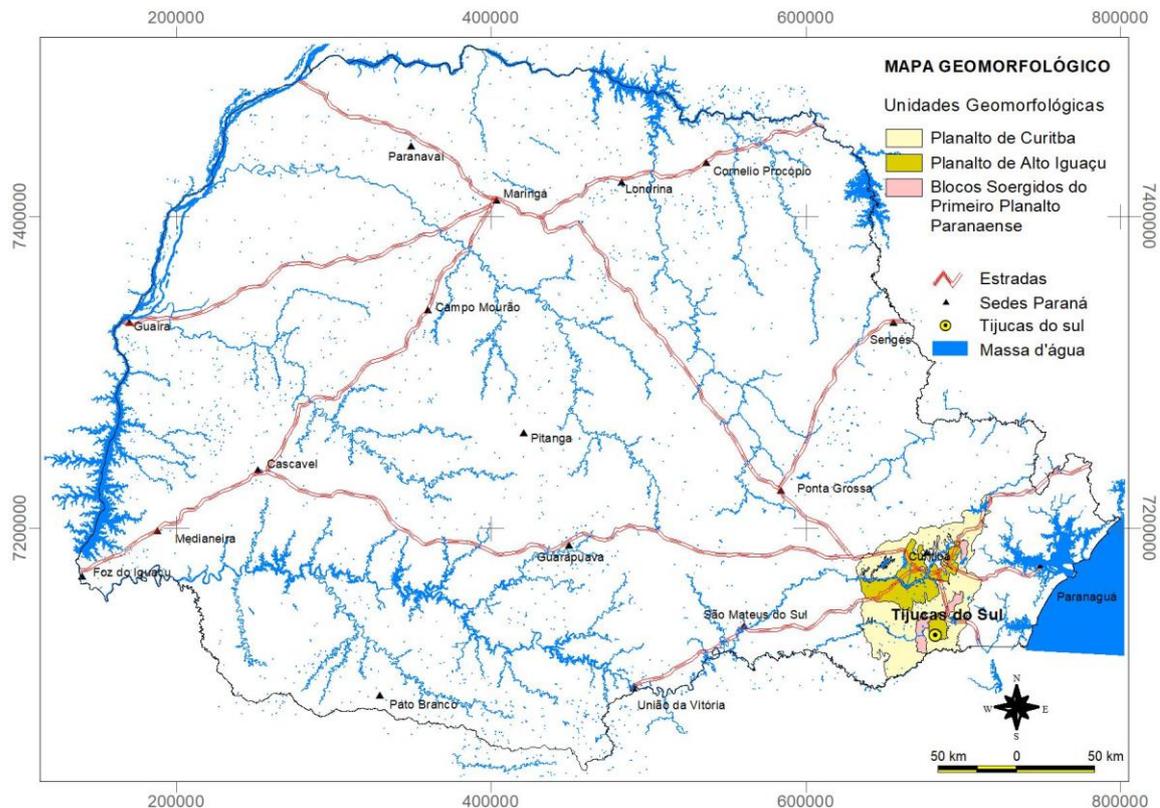
As áreas estudadas em Tijucas do Sul, encontram-se inseridas segundo Oka-Fiori (2006), na Folha Geomorfológica de Curitiba, escala 1:250.000, na Unidade morfoestrutural – Bacia Sedimentar Cenozóica, Depressão Tectônica e Cinturão Orogênico do Atlântico e na Unidade morfoescultural - Planície e Primeiro Planalto Paranaense e Rampas de Pré-Serra e Morros Isolados, classificadas como Unidades morfológicas –1.2.1, 1.2.4 e 1.2.5 (ver situação das unidades no mapa na Figura 2).

A descrição destas unidades compreende:

Unidade 1.2.1- abrange os Blocos Soerguidos do Primeiro Planalto, situada no Primeiro Planalto Paranaense, apresenta dissecação muito alta, classe predominante de declividade entre 12 a 30%. Em relação ao relevo apresenta gradiente de 500 metros com altitudes variando de 820 e 1320 metros. As formas predominantes são topos alongados em cristas, vertentes retilíneas e vales em V fechado, modeladas em litologias da Suíte Álcali –Granitos.

Unidade 1.2.4 - denominada Planalto de Curitiba, apresenta dissecação média com classes de declividades predominantes de 6%, relevo com gradiente de 680 metros de altitude, variando de 560 a 1240 metros. Predominam topos alongados e aplainados, vertentes convexas e vales em V, modelados em rochas do Complexo Gnáissico Migmatítico.

Unidade 1.2.5 - denominada Planalto do Alto Iguaçu, situada no Primeiro Planalto Paranaense, apresenta dissecação baixa. A classe de declividade predominante é menor que 6%. Em relação ao relevo apresenta gradientes de 120 metros com altitudes variando entre 880 e 1.000 metros. As formas predominantes são do topo alongadas e aplainadas, vertentes convexas, vales em V, modelados em sedimentos da Formação Guabirotuba e Complexo Cristalino.

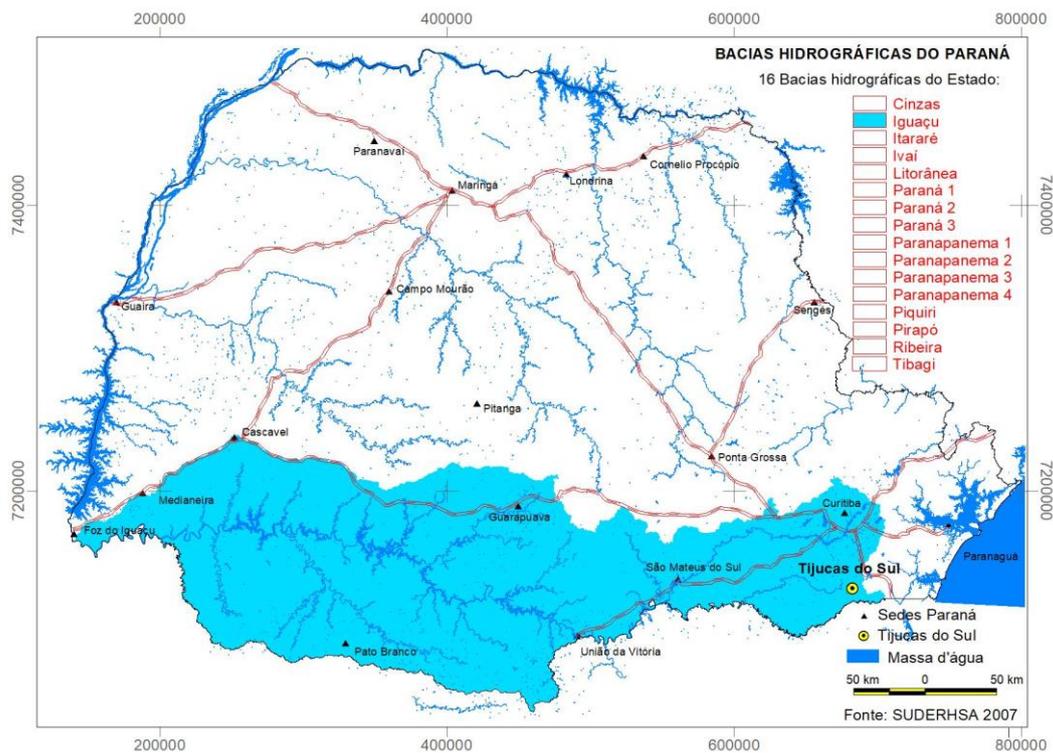


**Figura 2** - Mapa das unidades geomorfológicas da região de Tijucas do Sul.

## 5.2 Hidrografia

A área urbana e distritos de Tijucas do Sul estão inseridos na macrobacia hidrográfica do Alto Iguaçu (mapa da Figura 3). A sede municipal encontra-se na bacia do Rio da Várzea e um dos principais afluentes é o Rio do Colono.

Considerando que são característicos os topos planos, as encostas suaves e os vales em forma de “U”, estas feições podem tornar a região suscetível a enchentes, que são eventos com potencial para provocar grandes prejuízos à sociedade.



**Figura 3** – Bacias hidrográficas do estado do Paraná, com a localização da sede do município de Tijucas do Sul (Bacia do Iguaçu).

### 5.3 Cobertura de materiais Inconsolidados

Sob esta denominação, são caracterizados os materiais inconsolidados que recobrem o substrato rochoso da região e cuja origem se relaciona com a interação de fatores naturais climatológicos, geológicos, geomorfológicos, pedológicos e hídricos que interferem na modelagem dos terrenos e da paisagem.

Os materiais inconsolidados foram definidos, principalmente, a partir da utilização de critérios geotécnicos qualitativos, sob o enfoque da Geologia de Engenharia aplicada ao planejamento territorial. Ressalta-se que não foram efetuados ensaios geotécnicos específicos em função dos objetivos do presente estudo.

As coberturas inconsolidadas podem ser subdivididas em solos residuais e solos transportados.

### **5.3.1 Solos residuais**

Constituem solos derivados da alteração das rochas *in situ* e que não sofreram transporte posterior. Na sede urbana, em Lagoinha e Campina, predominam amplamente os solos residuais, derivados da alteração das rochas graníticas e rochas gnáissicas do Complexo Migmatítico. Trata-se de solos espessos com fragmentos de rochas semi-intemperizadas e/ou saprólitos em sua massa, raramente encontrados afloramentos de rocha fresca.

### **5.3.2 Solos transportados**

Constituem os solos depositados fora de seu local de formação e que foram transportados pela ação da gravidade, sendo constituídos por material solto e encontrados nas encostas. São solos de elevada permo-porosidade, coloração castanho-amarronada com matriz siltico-argilosa, englobando fragmentos de rochas subangulosos, de dimensões variadas, geralmente centimétricos a decimétricos. Os colúvios podem ser classificados em grossos e finos, dependendo da presença ou não de blocos de rocha dentro da matriz, respectivamente. Ocorrem associados às encostas de declividades moderadas a altas (>20%), apresentando-se instáveis e incoerentes, suscetíveis a escorregamentos.

## **5.4 Geologia / unidades de terreno (Ut)**

A sede urbana do município de Tijucas do Sul, localidade de Lagoinha e Campina, assentam-se sobre rochas do Complexo Gnáissico Migmatítico e rochas graníticas do Granito Agudos do Sul. Já a localidade de Tabatinga está sobre terrenos da Formação Guabirota. Em toda a área mapeada encontram-se aluviões, colúvios e terraços aluvionares. Em apenas um ponto foi encontrado afloramento de rochas da Formação Guaratubinha e blocos arredondados de Diabásio.

#### 5.4.1 Complexo gnáissico-migmatítico - ( Unidade de Terreno - I)

Conforme o mapa geológico do Paraná (MINEROPAR, 1989), o "Complexo Gnáissico Migmatítico" é a unidade mais extensa da RMC, constituído por migmatitos estromatíticos, *augen*-gnaisses, gnaisses graníticos, gnaisses fitados, rochas meta-ultrabásicas, metabasitos, anfibolitos e quartzitos. Nas folhas localizadas a SE de Curitiba, junto à base das encostas ocidentais da Serra do Mar, foram descritas duas associações: migmatitos estromáticos com paleossoma de biotita-hornblenda gnaiss, mica-quartzo xisto, ultrabasito e anfibolito; e migmatitos oftálmicos com paleossoma de biotita-gnaiss e hornblenda-gnaiss, localmente quartzito (MINEROPAR, 2015).

##### Características

Os gnaisses-migmatitos apresentam, geomorfologicamente, topos alongados e aplainados com vertentes convexas, declividades predominantes de 10-20% e, secundariamente, declividades superiores. A exemplo dos solos residuais da Formação Guabirotuba, esta unidade apresenta grande expressão na área mapeada. É constituída, predominantemente, por solos residuais (maduro, jovem e saprólito) e, eventualmente, com inclusões de solos transportados (colúvio), não individualizados em mapa devido à sua pequena espessura e à falta de continuidade lateral. O solo transportado é facilmente diferenciado do solo residual, porque entre ambos, existe um nível de cascalho que é a base do solo transportado (Figuras 4 e 5).

##### O perfil tipo compreende:

- Solo transportado, marcado na base pelos pavimentos centimétricos a métricos de seixos de quartzo, localizados normalmente à meia encosta e em vertentes inclinadas. Possui textura argilosa, de coloração castanha, média, porosa, com espessura variando de 0,5 a 3,0 metros. Na área mapeada encontra-se sobre o saprólito de gnaiss-migmatito.
- Solo residual maduro, textura argilosa a muito argilosa, por vezes argilo-siltosa, de cor marrom, castanho a avermelhado. Argilo-mineral

predominante é a caulinita (1:1). A espessura média é de 3,0 metros, permeabilidade baixa ( $10^{-4}$  cm/s); resistência à penetração é média a alta. Os ensaios de adsorção do azul de metileno indicam um valor médio de  $V_b = 1,39\text{g}/100\text{g}$ , indicando um comportamento laterítico. A erodibilidade desse material é baixa, conforme observado no campo e por meio do teste de erodibilidade que apresenta valores de E maiores que 1 ( $E > 1$ ).

- Saprólito de cor cinza-claro a escura, variegado a vermelho, textura siltosa, média à argilosa, apresentando a estrutura original da rocha (bandeamento, mica, veios de quartzo, etc.). O argilo-mineral predominante é a caulinita (1:1); a espessura é variável, desde alguns metros até mais de uma dezena de metros; permeabilidade média ( $10^{-4}\text{cm/s}$ ), resistência à penetração média à alta. Os ensaios de adsorção de azul de metileno indicam um valor médio de  $1,29\text{g}/100\text{g}$ , prevendo-se um comportamento laterítico, os valores de  $a_{cb}$  variando de 2,2 a  $36\text{g}/100\text{g}$  e a SE de 53,2 a  $79,8\text{ m}^2/\text{g}$  indicam que a reatividade desta argila é alta à baixa. A massa específica seca máxima do próctor normal situa-se em torno de  $1,5\text{g}/\text{cm}^3$ , com umidade ótima em torno de 25,4%. A erodibilidade desse material em talude é média à alta, conforme observado no campo e por meio do teste de erodibilidade que apresenta valor médio de E menor que 1 ( $E < 1$ ).

### Avaliação

- Suscetibilidade baixa à erosão.
- Baixa a média necessidade de terraplenagem, com compensação entre cortes e aterros, a depender da declividade.
- Inadequado para disposição de resíduos nas regiões próximas aos aluviões (nível freático raso), e fora dessa condição é adequado.
- Adequado com restrições na implantação de loteamentos residenciais e industriais, devido ao lençol freático próximo aos aluviões.
- Adequado com restrições para obras enterradas devido ao lençol freático raso e à declividade baixa próximo aos aluviões.
- Suscetibilidade baixa para deslizamentos em cortes acima de 3,0 metros.

- Solo adequado para loteamentos residenciais e industriais, vias de circulação, instalações de infraestruturas enterradas.
- Adequabilidade razoável para disposição de resíduos.
- Bom para material de empréstimo (perfil como um todo).



**Figura 4** – Perfil tipo das exposições de gnaisses e migmatitos com cobertura de solo transportado.



**Figura 5** – Detalhe das rochas gnáissicas/migmatíticas, predominando composição ferro magnésiana.

#### **5.4.2 - Suíte álcali-granitos - (Unidade de Terreno - II)**

Esta unidade é composta por um conjunto de intrusões graníticas e representa um longo evento magmático que se manifestou no Sudeste do Paraná e nordeste de Santa Catarina, identificada formalmente em projetos realizados na década de 1960, pela Comissão da Carta Geológica do Paraná e por MAACK (1961) e, na década de 1970, pela CPRM. Esses maciços graníticos apresentam dimensões variadas, constituindo desde pequenos *stocks* até batólitos, cujas denominações têm por base a toponímia regional onde ocorrem: Agudos do Sul, Morro Redondo, Serra da Igreja, Graciosa, Anhangava, Marumbi e Piedade. Distribuem-se tanto no Domínio Curitiba quanto no Luís Alves, predominando sobre o último, não ocorrendo nos terrenos pertencentes ao Domínio Paranaguá. Caracteriza esses maciços a natureza alcalina, bem como sua isotropia, em contraste com a pronunciada foliação dos gnaisses e migmatitos encaixantes, com os quais os contatos são normalmente realizados através de zonas de falha.

##### Características

O granito (Figuras 6 e 7) apresenta-se, geomorfologicamente (Figura 8), com topos alongados e aplainados, com vertentes convexas, contendo declividades de todas as classes. A unidade em questão apresenta grande extensão territorial (vide mapa). É constituída, predominantemente, por solos residuais (maduro e saprólito) e eventualmente apresenta inclusões de solos transportados (colúvio) não individualizados devido a falta de continuidade lateral. O solo transportado é facilmente diferenciado do residual, porque entre ambos existe um nível de cascalho que é a base do solo transportado.

##### O perfil tipo compreende:

- Solo transportado, marcado na base pelos pavimentos milimétricos a centimétricos de seixos de quartzo, localizados normalmente à meia encosta e em vertentes inclinadas. Também se diferencia do solo residual pela

quantidade de seixos de quartzo de diferentes tamanhos que estão espalhados numa matriz de textura argilosa, de coloração castanha clara, porosa, e espessura variando de 0,5 a 3,0 metros.

- Solo residual maduro, textura argilosa, por vezes siltosa, de cor marrom, castanho escura. O argilo-mineral predominante é a caulinita (1:1), espessura média de 3,0 metros, permeabilidade média ( $10^{-3}$  cm/s). Os ensaios de adsorção de azul de metileno indicam um valor médio de  $V_b = 1,86\text{g}/100\text{g}$ , mostrando um comportamento laterítico,  $LL = 48,9\%$  e  $LP = 33,2\%$ , a massa específica seca máxima do Proctor normal situa-se em torno de  $1,5\text{ g/cm}^3$  com umidade ótima em torno de  $23,3\%$ . A resistência à penetração é média a baixa; a erodibilidade desse material é baixa, como indicam os ensaios cujos valores de  $E$  são maiores que 1 ( $E > 1$ ).
- Saprólito de cor castanho, creme e vermelho. A textura é siltosa, apresentando a estrutura original da rocha. A espessura é variável desde alguns metros até uma dezena de metros. O argilo-mineral é a caulinita (1:1) e a permeabilidade é baixa ( $10^{-4}$  cm/s) a elevada ( $10^{-2}$  cm/s). Os ensaios de adsorção de azul de metileno indicam um valor  $V_b = 0,80\text{g}/100\text{g}$ , prevendo-se um comportamento laterítico.  $LL$  varia de  $52,6\%$  a  $31,2\%$ ;  $LP$  também varia de  $47,7\%$  a  $29,5\%$ . A massa específica seca máxima do Proctor normal situa-se em torno de  $1,3\text{ g/cm}^3$ , com umidade ótima em torno de  $25\%$ . A erodibilidade é alta conforme constatado nos ensaios de erodibilidade, onde  $E$  é menor que 1 ( $E < 1$ ), sendo a resistência à penetração de média à alta. A escavabilidade é de primeira categoria.

### Avaliação

- Suscetibilidade baixa à erosão.
- Baixa a média necessidade de terraplenagem, com compensação entre cortes e aterros, idem aos migmatitos.
- Inadequado para disposição de resíduos nas regiões próximas aos aluviões (nível freático raso), e fora dessa condição é adequado.

- Adequado com restrições na implantação de loteamentos residenciais e industriais, devido ao lençol freático próximo aos aluviões.
- Adequado com restrições para obras enterradas devido ao lençol freático raso e à declividade baixa próximo aos aluviões.
- Suscetibilidade baixa para deslizamentos em cortes acima de 3,0 metros.
- Solo adequado para loteamentos residenciais e industriais, vias de circulação, instalações de infraestruturas enterradas.
- Adequabilidade razoável para disposição de resíduos.
- Bom para material de empréstimo (perfil como um todo).



**Figura 6**– Detalhe das rochas graníticas alteradas, cores claras.



**Figura 7** – Detalhe da linha de seixos sobre os granitos alterados



**Figura 8** – Detalhe da geomorfologia das rochas graníticas. Ao fundo a porção mais elevada do Granito Agudos.

### 5.4.3 - Formação Guabirotuba - (Unidade de Terreno – III)

O Cenozóico cartografado no Mapa Geológico do Estado, dentro da Bacia de Curitiba, corresponde ao conceito original de BIGARELLA e SALAMUNI (1962), sem incorporar a subdivisão posterior em formações Guabirotuba e Tinguis. O pacote superior da unidade, equivalente à Formação Tinguis, apresenta um conglomerado basal cuja composição indica a origem por erosão e retrabalhamento da sequência inferior, sob condições de clima árido. Estas condições foram responsáveis pela coloração avermelhada destes sedimentos, que são tipicamente mais grosseiros do que os anteriores.

Segundo estes autores, a Formação Guabirotuba é constituída por um pacote de sedimentos inconsolidados do Plioceno e Pleistoceno, possivelmente mais antigos, representados por camadas e lentes de argilas, arcósios, margas, areias e cascalhos que repousam discordantemente sobre as rochas do embasamento cristalino. Trata-se de uma sequência sedimentar formada em condições de clima árido, em bacia intermontana propícia à formação de leques aluviais, localmente retrabalhados por canais fluviais anastomosados e passando distalmente a depósitos do tipo *playa-lake*.

A formação é subdividida em três associações litológicas, no relatório da MINEROPAR (1999):

- a) (Qpgc) - Na base, arcósios e areias arcósianas, interpretados como depósitos de leques aluviais anastomosados.
- b) (Qpgb) - O pacote intermediário é constituído por argilitos com raras lentes de arcósio.
- c) (Qpga) - No topo da formação, argilitos e lamitos compactos e maciços, geralmente cinza-esverdeados a esbranquiçados, com frequentes intercalações de arcósio médio a grosso. Localmente, podem ser distinguidas camadas individualizadas de argilitos avermelhados e rosados onde intemperizados, chegando a ocorrer a formação de plintita e laterita. Nas porções centrais da bacia, os pacotes argilosos atingem até 80 m de espessura. As lentes de arcósios e areias arcósianas contêm 20-40% de feldspato caulinizado, bem como clastos de quartzo e quartzito, intercalam-se

aos sedimentos mais finos, principalmente nas bordas da bacia. O caráter imaturo do sedimento é indicado pela textura variável, de muito fina a grossa, e pela forma angular a subangular dos grãos. A matriz é argilosa ou silte-argilosa, eventualmente arenosa muito fina. As cores são predominantemente avermelhadas, tornando-se esbranquiçadas, quando intemperizados.

O pacote inferior da unidade apresenta um conglomerado polimítico cuja composição indica a origem por erosão e retrabalhamento da sequência inferior (Qpgc), sob condições de clima árido. Estas condições foram responsáveis pela coloração avermelhada destes sedimentos, que são tipicamente mais grossos do que os anteriores. Nas bordas oeste e sudoeste da bacia os clastos são predominantemente de quartzo e feldspato, em contraste com as bordas opostas, onde predominam granitos, migmatitos, diabásio. A textura é bastante variável, com os fragmentos de rocha variando de 2 a 5 cm, às vezes 10 cm, e a forma dos clastos varia de angular a subarredondada, com baixa esfericidade.

Depósitos carbonáticos, interpretados como caliche, ocorrem no topo da formação, como bancos descontínuos de extensão lateral métrica, espessura centimétrica e cor esbranquiçada a creme. Podem ser maciços ou foliados. Vênulas de calcrete e silcrete recortam estes depósitos e as rochas encaixantes, preenchendo fraturas tectônicas e outras.

### Características

Os sedimentos da Formação Guabirota (Figuras 9 a 11) constituem colinas suaves com topos planos, declividade predominante de 0 a 5%, subordinadamente 10 a 20% e maior que 20% (Pleistoceno – Quaternário). Essas Uts são constituídas por solos residuais (maduro e jovem), sedimentos argilosos e arenosos, com inclusões de solos transportados pouco espessos.

Dentro dessa unidade, temos dois tipos de sedimentos: um predominantemente constituído por argilas e outro por uma sequência rítmica de argila com porções mais arenosas.

Solos transportados são identificados no campo pela existência de linhas de seixos de Quartzo (*stonelines*), que separa a argila de outros tipos de rocha.

Os dados de espessura máximas dos sedimentos da Formação Guabirota ficam entre 30 e 60 metros.

#### O perfil tipo compreende:

- Solo residual maduro de cor vermelha, apresenta comportamento laterítico e não laterítico, variável, embora sejam comuns níveis centimétricos de laterita. A estrutura é maciça, e a textura argilosa, argilo-mineral predominante é a caulinita (1:1) e em menor proporção, a illita e a gibsita (2:1). A espessura pode atingir até 5,0 m. A permeabilidade é baixa ( $10^{-5}$  /  $10^{-6}$ ) cm/s e a resistência a penetração é baixa a média. Apresenta massa específica dos sólidos de 2,7 a 2,89 g/cm<sup>3</sup> e umidade ótima.
- Solos transportados são caracterizados por pacotes argilosos, às vezes areno- argiloso, com cores e espessuras diversas.

#### Avaliação

- Áreas com suscetibilidade média para inundações e alagamentos.
- Áreas com suscetibilidade baixa para erosão.
- Áreas adequadas para construção de tanques.
- Áreas inadequadas para disposição de resíduos.
- Áreas com potencial para extração de argila para cerâmica vermelha.
- Áreas inadequadas para infraestruturas enterradas, em função do nível freático raso e da declividade.
- Adequadas com restrições para loteamentos residenciais e industriais, devido ao nível freático raso ou subaflorante, solo com baixa capacidade de suporte, possibilidade de recalque em fundações, solo plástico colapsível, necessidade de aterro com sistemas de drenagem adequados nas fundações.



**Figura 9** – Detalhe das rochas da formação Guabirota, já alteradas, formando um patamar mais elevado em relação aos aluviões.



**Figura 10** – Uma das poucas amostras menos alteradas da Formação Guabirota.



**Figura 11** – Aspecto geomorfológico da Formação Guabirota na região, com predomínio de áreas muito planas.

#### **5.4.4 – Quaternário - aluviões - ( Unidade de Terreno – IV )**

Aluviões, colúvios e depósitos de tálus cobrem extensas áreas do território paranaense, com destaque na RMC para as cartografadas na bacia hidrográfica do Alto Iguaçu.

Os aluviões são depósitos de sedimentos inconsolidados, de pequena espessura, aparecendo em áreas restritas ao longo de alguns rios, sendo constituídos por siltes e argilas, em parte turfosos e areias de diversas granulações, aparecendo também leitos de cascalho, onde predominam seixos de quartzo e quartzito, bem selecionados e arredondados, indicando transporte efetivo (Figuras 12 e 13). Ocupam as várzeas fluviais, onde o nível freático mantém os sedimentos permanentemente saturados e aflora nas estações chuvosas. Sobre as várzeas, em desníveis de poucos metros, ocorrem terraços também holocênicos, mas anteriores aos aluviões.

Os colúvios são constituídos por sedimentos terrígenos inconsolidados, em grande parte silte e argila, frequentemente envolvendo fragmentos, blocos e

matacões das rochas subjacentes, que formam depósitos sem estruturas sedimentares, oriundos de transportes de encostas. Ao contrário dos aluviões e terraços, cuja continuidade lateral permite cartografia em escalas até regionais, os colúvios são de mapeamento possível apenas na escala de grande detalhe.

Os depósitos de tálus são observados ao longo das escarpas ocidentais da Serra do Mar, constituídos de blocos angulares e subarredondados de diversos tamanhos, imersos em matriz síltica ou argilosa, sem estruturas sedimentares. Ocorrem também aluviões fluviais de caráter mais arenoso e leitos de cascalho acima das planícies aluvionares, onde constituem terraços quaternários.

### Características

Planícies aluvionares, sedimento aluvionar holocênico (Quaternário), declividade de 0- 2,5 %.

### O perfil tipo compreende:

- Camada superficial orgânica, cor negra, hidromórfica, por vezes turfosa, permeabilidade média ( $10^{-4}$ cm/s), plástica, muito mole a mole, permeabilidade baixa e com espessuras variando de 1,0 a 2,0 metros.
- Argila de cor cinza escura, caulinítica, plástica, muito mole a mole, permeabilidade baixa e com espessuras variando de 1,0 a 10,0 metros.

Essas argilas estão sobrepostas a um pavimento de areia fina a grossa com cascalhos e blocos de quartzo, fofa, por vezes compacta, porosa, permeabilidade média ( $10^{-3}$  a  $10^{-4}$  cm/s), espessura variável de 1,0 a 2,0 metros. O nível freático varia de 0,2 a 1,0 metros.

Este pacote de sedimentos está depositado sobre saprólito de gnaiss-migmatito, granito e/ou sobre sedimentos da Formação Guabirotuba.

### Avaliação

- Áreas de equilíbrio hidrológico.

- Áreas de preservação permanente.
- Áreas adequadas para construção de tanques.
- Áreas com grande potencial hidrogeológico.
- Áreas com potencial para extração de argila para cerâmica vermelha e areia.
- Áreas inadequadas (não recomendadas) para loteamentos residenciais e industriais devido ao nível freático raso ou aflorante, assoreamento dos canais de drenagem, material com baixa capacidade de carga, com possibilidade de recalques em fundações, solo plástico colapsível, necessidade de aterros com drenagem eficiente nas fundações, além de sistemas de escoamento de águas pluviais e servidas.
- Áreas inadequadas para infraestruturas enterradas, em função do nível freático raso de baixa declividade.
- Áreas inadequadas para disposição de resíduos.
- Áreas com suscetibilidade alta à média para inundações, enchentes e alagamentos.
- Áreas com baixa suscetibilidade para erosão.



**Figura 12** – Imagem do pacote aluvionar, dando ênfase as argilas orgânicas, turfosas.



**Figura13** – Vista de uma lavra de argila e caulim em Tabatinga.

## **6. ENCHENTES E ALAGAMENTOS**

As principais situações de riscos verificadas neste trabalho em Tijucas do Sul e distritos, quanto a alagamentos, foram verificadas na porção oeste da área urbana em apenas um ponto (TJ -18), devido a entulhos nos bueiros. Na localidade de Lagoinhas existem muitos depósitos de material reciclável, cujas sobras são depositadas próximas às drenagens, que poderão causar entupimentos e conseqüentemente alagamentos.

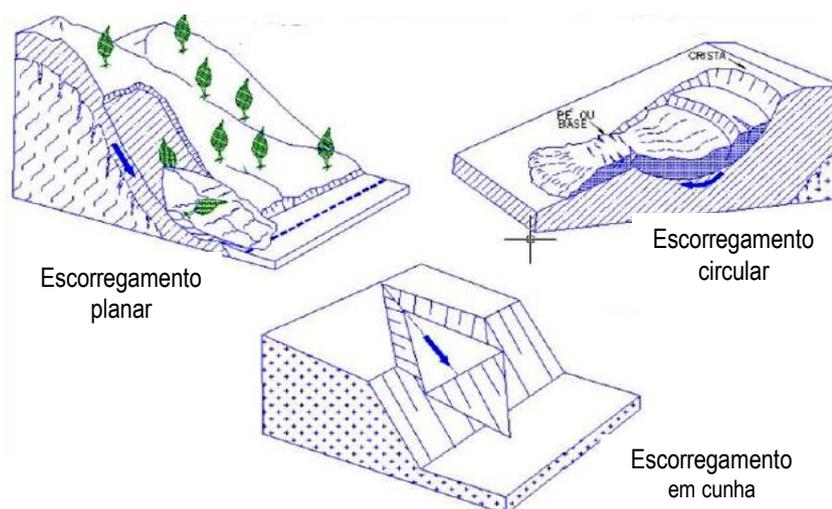
## **7. MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA**

### **Definições**

Os processos de alteração do meio físico investigados nas áreas indicadas em Tijucas do Sul, área urbana, Lagoinha e Tabatinga, não são capazes de gerar situações de risco com conseqüentes acidentes geológicos, principalmente, aos movimentos gravitacionais de massa (MGM) ou escorregamentos de

encosta. Na região de Campina, também não foram verificados indícios de (MGM), apesar de ocorrerem declividades acima de 30%.

De acordo com Oliveira (2010), os escorregamentos são considerados os acidentes geológicos que mais têm provocado perda de vidas humanas em áreas urbanas. Caracterizam-se por movimentos rápidos, bruscos, com limites laterais e profundidades bem definidas. Podem envolver solo, solo e rocha ou apenas rocha. Sua geometria pode ser circular, planar ou em cunha, em função da existência ou não de estruturas ou planos de fraqueza nos materiais envolvidos, os quais condicionam a formação de superfícies de ruptura. A geometria dos principais tipos encontra-se na Figura 14.

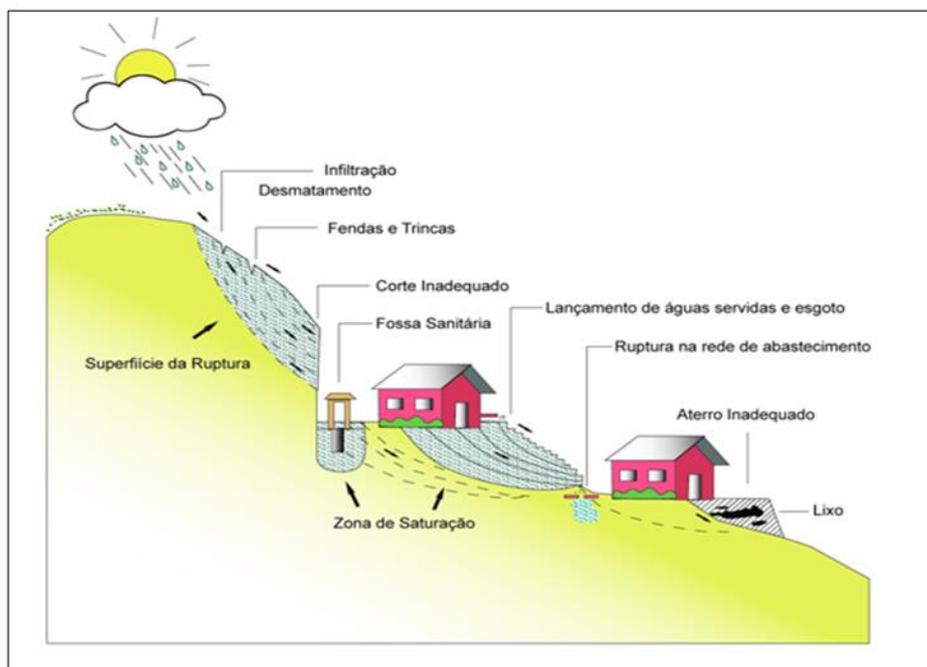


**Figura 14** - Geometria dos principais tipos de escorregamentos em encostas (Oliveira, 2010).

O principal agente deflagrador do processo é a água das chuvas, muitas vezes associado a desmatamentos, erosão, variações de temperatura, oscilações do nível freático e fontes. As chuvas contribuem diretamente para instabilizar as encostas, por meio da infiltração e encharcamento do solo; formação de fendas, trincas e juntas, com a geração de superfícies de ruptura; atuação de pressões hidrostáticas; saturação do solo com aumento do peso específico; redução da resistência dos solos pela perda da coesão e escorregamento.

As principais interferências antrópicas que potencializam os escorregamentos (Figura 15) são as seguintes:

- Concentração de águas pluviais;
- Ausência de drenagem (captação e condução das águas pluviais);
- Lançamento de águas servidas;
- Vazamentos na rede de abastecimento de água;
- Existência de fossas sanitárias;
- Cortes de alturas e inclinações excessivas;
- Execução de aterros inadequados;
- Deposição de lixo na encosta ou existência deste englobado nos aterros;
- Remoção indiscriminada da vegetação;
- Cultivo de espécies vegetais que acumulam água em subsuperfície (ex. bananeiras).



**Figura 15** - Principais atividades antrópicas indutoras de escorregamentos de encostas (Oliveira, 2015).

## **8 - ÁREAS RESTRITIVAS**

Áreas com declividade maior do que 30% são áreas restritivas ao uso e ocupação do solo conforme estas leis em vigor:

- Lei Federal nº 6766/79 (Lei Lehmann), proíbe o parcelamento do solo em áreas com declividade maior que 30%, salvo se atendidas as exigências específicas das autoridades competentes.

- Lei Federal nº 12.651/12 (Código Florestal), define como APP áreas com declividades superiores a 45° (equivalente a 100%), na linha de maior declive. - Resolução CONAMA 303/2.002 - art. 3º, define como APP as áreas situadas em encostas ou parte destas, com declividade superior a 100% ou 45° na linha de maior declive.

Na carta em questão, são as áreas de cor negra. Nestas declividades há também a possibilidade de deslizamentos, tanto em encostas naturais como em cortes, além da erosão.

## **9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

1. De acordo com os trabalhos de campo, as áreas susceptíveis a enchentes e alagamentos seriam nas áreas aluvionares.
2. As áreas potenciais a deslizamentos e/ou escorregamentos estariam situadas em declividades acima de 30% e em áreas de corte e aterro.
3. Em cada Unidade de terreno no item avaliação, faz-se um resumo do uso e ocupação.
4. Para qualquer implantação de obras enterradas ou superficiais, recomenda-se a realização de ensaios e acompanhamento de técnicos especializados em Geotecnia.

Curitiba, dezembro de 2018.

**Geólogo Diclécio Falcade**

**Crea 5918-D**

## 10. REFERÊNCIAS

COTTAS, L. R. **Estudos geológico-geotécnicos aplicados ao planejamento urbano de Rio Claro – SP**. 171 f. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo. São Paulo: USP, 1983.

FUCK, R. et al. COMISSÃO DA CARTA GEOLÓGICA DO ESTADO DO PARANÁ- Mapa geológico de Tijucas do Sul esc 1:70.000 1969(a).

MINEROPAR. **Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná. Escala Base 1:250.000**. Curitiba: MINEROPAR/UFPR, 2007. 50p.

SUDERHSA. **Bacias Hidrográficas do Paraná**. SEMA-PR. Curitiba, 2010. 138p.

IBGE, 2013. **Municípios brasileiros**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 8/ago/2015.

ZUQUETTE, L. V. **Importância de mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamentos e guia para elaboração**. V.2. (Mestrado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1993.

# **A N E X O S**