

## DIRETRIZES PARA INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICAS E GEOTÉCNICAS EM PROJETOS DE OBRAS LINEARES

### Objetivo

A presente "Nota Técnica" tem o objetivo de reiterar critérios para pautar as programações de investigações geológico-geotécnicas referentes a projetos de obras lineares, essencialmente com base nos fatores climáticos, geomorfológicos e geológicos.

### Considerações Gerais

As obras lineares se desenvolvem por grandes extensões e, em função de suas características, atravessam terrenos muito diversificados, não só do ponto de vista geológico, como também dos relativos a clima e relevo. Alguns projetos desse tipo de obra de infraestrutura envolvem percursos que podem se estender por até alguns milhares de quilômetros, abrangendo ferrovias, rodovias, linhas de transmissão, dutovias e canais.

As obras mais sujeitas a restrições em função de limitações impostas pelas especificações de projeto, como baixas rampas e grandes raios de curvatura em áreas montanhosas e escarpadas, são as ferrovias, rodovias e canais. Linhas de Transmissão e dutovias, por sua vez, estão menos sujeitas ao condicionamento do relevo, podendo ser construídas com traçados mais retilíneos, mesmo em terrenos mais acidentados, com reduzidos volumes de movimentos de terra (Rodrigues e Lopes, 2018).

São abordados a seguir os critérios para programação de investigações geológico-geotécnicas em projetos de obras lineares em função do tipo de clima, das feições de relevo e, sobretudo, das diferentes unidades litológicas atravessadas pelo traçado dessas obras.

### Clima

Tendo em vista que obras lineares com percursos muito longos podem passar por regiões com diferenças climáticas importantes, elas envolvem áreas com comportamento geológico-geotécnico diferente, mesmo para contextos geológicos e geomorfológicos similares. Assim, enquanto em uma área de clima tropical úmido obras lineares envolvem maior movimentação de terra, nos mesmos tipos litológicos, sob clima semi-árido, os trabalhos de engenharia envolverão material rochoso, uma vez que as coberturas pedogênicas são muito delgadas.

Exemplo clássico da influência do clima em obras de engenharia é representado pela Transposição do São Francisco, em que a abertura de canais relativamente rasos demandou frequentes escavações em rocha, principalmente no caso de gnaisses e granitos, ao passo que em regiões mais úmidas ocorrem coberturas de solos mais espessas, de primeira categoria de escavação (Godói, 2017).

### Relevo

O relevo é outro atributo fundamental dos terrenos na determinação da programação de estudos geológico-geotécnicos para projetos de obras lineares. Sobretudo no caso de ferrovias e rodovias, as regiões de planície, colinas e montanhas se distinguem por implicarem em condicionantes inerentes a cada um desses domínios de relevo, como indicado a seguir (Rodrigues e Lopes, 2018).

a) Regiões de planície

As investigações geológico-geotécnicas em regiões de planície se destinam basicamente à caracterização dos materiais de fundação de aterros, frequentemente envolvendo solos moles que apresentam problemas de recalques e deformações por adensamento. Nessas regiões, o predomínio de aterros implica em descompensação de volumes de terraplenagem. As investigações geológico-geotécnicas envolvem principalmente ensaios de caracterização de solos aluvionares e pesquisa de materiais de empréstimo em projetos lineares no domínio de planícies.

b) Regiões de colinas

Às regiões de colinas podem ser incluídas as regiões planálticas, onde o relevo é pouco acidentado, com amplitudes geralmente inferiores a 100 m, implicando na predominância de trechos retilíneos e rampas suaves. Não há demanda de áreas de empréstimo e tampouco existe necessidade de áreas destinadas a botafora, favorecendo a compensação de materiais de cortes e aterros. As investigações geológico-geotécnicas destinam-se à caracterização dos diferentes tipos de terreno e devem ser programadas em obediência à distribuição das unidades litológicas, de modo a identificar trechos com comportamento homogêneo e uniforme, concentrando-se mais recursos em áreas mais críticas e heterogêneas.

c) Regiões montanhosas

Nas regiões montanhosas e escarpadas os traçados de rodovias e ferrovias e, em menor grau, de canais e dutovias, destacam-se pela presença de túneis e viadutos, além de altos cortes e aterros, demandando investigações onerosas para determinação dos volumes de escavação em rocha e solos, além de pesquisa de áreas para botafora. Envolvem ainda estudos de estabilidade de taludes, revestimento de túneis e relativos às fundações de viadutos, pontes e galerias. As unidades geológicas deverão ser agrupadas em trechos com comportamento homogêneo, de modo a otimizar a programação das investigações geológico-geotécnicas.

#### Diretrizes para programação de investigações geológico-geotécnicas

Para o eficiente dimensionamento e quantificação de investigações geológico-geotécnicas relativas a projetos de obras lineares de grande extensão, é recomendável, inicialmente, a obtenção de base cartográfica geológica em escala apropriada, para identificação de trechos com comportamento geológico-geotécnico uniforme. Esse procedimento permite a elaboração de uma programação otimizada, de modo a estimar e distribuir os tipos e volumes de investigações ao longo de cada trecho individualizado.

É assim sugerido dar prioridade a investigações distribuídas por trechos considerados geologicamente homogêneos, em detrimento de programações baseadas meramente em aspectos geométricos de traçados de obras lineares. Nesse sentido, propõe-se programação de investigações levando-se em conta fatores climáticos, geomorfológicos e geológicos, como a seguir.

- 1- Clima: o clima é determinante no comportamento geológico-geotécnico dos materiais, tendo em vista que os mesmos tipos de unidades litológicas têm características distintas quando sob domínio de climas tropicais úmidos ou de áridos e semiáridos.
- 2- Relevo: trechos montanhosos e escarpados demandam investigações pormenorizadas, com maior grau de independência do tipo de substrato litológico quando comparados aos relevos de colinas.
- 3- Geologia: À parte o condicionamento imposto pelos dois fatores acima, as investigações geológico-geotécnicas deverão ser programadas obedecendo aos critérios litológicos conforme abaixo.
  - a) Compilação de base cartográfica geológica em escala adequada ao longo de todo o traçado de projetos relativos a obras lineares.
  - b) Definição de trechos cujo comportamento é de antemão considerado homogêneo, avaliação preliminar de suas propriedades geotécnicas e determinação da extensão de cada um deles.
  - c) Programação das investigações geológico-geotécnicas de acordo com o comportamento estimado das diferentes unidades litológicas identificadas na carta geológica compilada. As investigações devem estar concentradas nas unidades mais heterogêneas e de difícil caracterização, ao passo que, nas unidades com comportamento homogêneo, o número de sondagens e ensaios pode ser reduzido, de modo a poupar recursos, os quais devem ser priorizados para as áreas mais críticas. Um exemplo dessa situação é dado pelas grandes extensões de coberturas lateríticas, muito homogêneas e facilmente caracterizáveis por meio de reduzido número de sondagens e ensaios.

#### Bibliografia recomendada

- Bartorelli, A.; Araújo, C.H.A.; Nuske, M.J. 1980. Características geológicas e geotécnicas das áreas de implantação do Sistema de Transmissão Associado à UHE de Tucuruí, Pará. Simpósio sobre Características Geológicas e Geotécnicas da Região Amazônica, 1. Brasília, 1980. ABGE. Anais.
- Bartorelli, A.; Pires Neto, A.G. 1991. Geologia da Bacia Hidrográfica do Rio Tocantins no trecho entre Estreito e Imperatriz (Divisa TO-MA). Simpósio de Geologia da Amazônia, 3. SBG, Belém. 1991. Anais.
- Bartorelli, A.; Haralyi, N.L.E. 1998. Geologia do Brasil. Capítulo 4 do Livro Didático de Geologia de Engenharia. ABGE/CNPq/FAPESP. Eds. Antonio Manoel dos Santos Oliveira e Sérgio Nertan Alves de Brito. Oficina de Textos (São Paulo) (p.57-68).

- Campanhã, C.A.; Leão, O.D.; Bartorelli, A. 1976. Conceituação atual de estudos geológicos e geotécnicos aplicados a obras viárias. Congr, Brasil. de Geol. de Engenharia, 1. Rio de Janeiro, 1976. ABGE. Anais.
- Godoi, M.O. 2017. Transposição das Águas do Rio São Francisco. In: Geologia de Engenharia e Mecânica das Rochas no Brasil: a contribuição de Murillo Dondici Ruiz. 1ª edição, São Paulo: ABGE, 2017 (p.330-351).
- Kanji, M.A.; Vidal, C.L.R. 2018. Dutovias. In: Geologia de Engenharia e Ambiental, vol.3. Eds. Antonio Manoel dos Santos Oliveira e João Jerônimo Monticeli. São Paulo: ABGE, 2018 (p.151-166).
- Nogueira Jr, J.; Futai, M.M. 2018. Linhas de Transmissão e Aerogeradores. In: Geologia de Engenharia e Ambiental, vol.3. Eds. Antonio Manoel dos Santos Oliveira e João Jerônimo Monticeli. São Paulo: ABGE, 2018 (p.135-149).
- Oliveira, R.A.R.N.; Barros, F.P. 2018. Canais e Hidrovias. In: Geologia de Engenharia e Ambiental, vol.3. Eds. Antonio Manoel dos Santos Oliveira e João Jerônimo Monticeli. São Paulo: ABGE, 2018 (p.123-134).
- Paladino, L.; Nuske, M.J.; Bartorelli, A. 1978. A Geologia de Engenharia nos critérios de Projetos de Linhas de Transmissão. Congr. Brasil. Geol. Engenharia, 2. Belém, 1978, ABGE. Anais.
- Rodrigues, R.; Lopes, J.A.O. 2018. Rodovias e Ferrovias. In: Geologia de Engenharia e Ambiental, vol.3. Eds. Antonio Manoel dos Santos Oliveira e João Jerônimo Monticeli. São Paulo: ABGE, 2018 (p.87-108).
- Vêncio, F.N.; Bartorelli, A.; Suguio, K. 1978. Condicionamento geológico no Estudo de Viabilidade para Canal de Navegação (Rio Doce-ES). Congr. Brasil. de Geol. de Engenharia, 2. Belém, 1978. ABGE. Anais.

Andrea Bartorelli  
Março 2019