

METODOLOGIA PARA A INVENTARIAÇÃO, DIAGNÓSTICO E PROPOSTA DE MEDIDAS CORRECTIVAS-TIPO PARA TALUDES: CASO DA RENOVAÇÃO DA LINHA DO NORTE

METHODOLOGY TO THE INVENTORYING, DIAGNOSTIC AND PROPOSAL OF CORRECTION MEASURES TO SLOPES: APPLICATION TO THE RENEWAL OF THE LINHA DO NORTE

Mateus da Silva, João Marcelino – *Investigador Auxiliar, Laboratório Nacional de Engenharia Civil*
Jeremias, Filipe Telmo – *Investigador Auxiliar, Laboratório Nacional de Engenharia Civil*

RESUMO

O LNEC tem colaborado com a REFER no âmbito das obras de renovação da Linha do Norte. Uma das componentes dessa colaboração consiste no levantamento das condições de estabilidade dos diversos taludes de escavação e de aterro. A presente comunicação descreve a metodologia adoptada na realização do estudo. Como resultado criou-se uma base de dados que engloba toda a informação relevante no diagnóstico dos casos observados. Incluem-se elementos relativos à descrição das condições morfológicas, geológico-geotécnicas, elementos construtivos existentes, etc. Com base na análise e interpretação de toda a informação obtida, procedeu-se a uma tentativa de sistematização dos diagnósticos dos fenómenos de instabilidade com o objectivo de propor medidas correctivas-tipo.

ABSTRACT

LNEC as been working with REFER in the renewal of the Linha do Norte. One of the aspects of this collaboration concerns the analysis of the stability of the excavation and fill slopes. This paper describes the methodology used in the study. The result is a database which includes all the pertinent information related to each study case. This includes aspects related to the morphology, geotechnical data, construction data, etc. Taking in account the information collected an attempt was made to rank the aspects related to the instability phenomena in order to propose standard corrective actions.

1 - INTRODUÇÃO

A renovação da Linha do Norte e a sua adaptação às exigências de uma linha de alta velocidade implica intervenções mais ou menos generalizadas ao longo do seu traçado ao nível da superestrutura ferroviária e das diversas estruturas adjacentes. Em muitos casos, a intervenção de renovação implica a alteração dos taludes, quer para fazer face a ripagens da linha, quer em resultado do alargamento da plataforma.

Para além do recurso aos elementos tradicionais de projecto onde se incluem naturalmente os elementos de cartografia, topografia, etc, e os estudos específicos de cada local, interessa usar também o conhecimento acumulado dos agentes que, diariamente, acompanham a operação e manutenção da linha.

O projecto inicial de renovação da Linha do Norte foi feito com uma perspectiva menos ambiciosa e consequentemente menos exigente do que a definida actualmente para esta linha que inclui a operação de comboios de alta velocidade.

É neste contexto que se sentiu a necessidade de criar um inventário de zonas problemáticas na Linha do Norte. A aplicação deste inventário foi feita, numa primeira fase, ao Troço 2.1 compreendido entre

os pontos quilométricos 106.300 e 149.300, respectivamente entre as estações Entroncamento e Albergaria dos Doze.

2 - METODOLOGIA

A metodologia seguida na concretização do trabalho passou por diversas fases que incluíram:

- visitas gerais de inspecção à linha;
- visitas de pormenor às zonas consideradas críticas pelos responsáveis da área de conservação correspondente ao troço visitado;
- consulta dos elementos disponíveis no projecto;
- consulta das cartas topográficas militares à escala 1/25.000;
- consulta das cartas geológicas às escalas 1:50.000 e 1/500.000.

As diversas etapas apresentadas permitiram, para cada caso analisado, estabelecer um cenário da fenomenologia dos problemas em causa e suas consequências para a operacionalidade da linha. Com base nestes elementos, e no sucesso ou insucesso das soluções já adoptadas em alguns dos casos é possível estabelecer o historial de cada situação analisada.

Em resultado procurou-se uniformizar os elementos recolhidos de forma a poder constituir uma ficha de inspecção. Os elementos assim recolhidos foram armazenados em suporte informático de forma a possibilitar a integração de diversos tipos de informação e a sua rápida consulta e actualização, podendo-se, assim, acompanhar o historial de obras que no futuro venham a ser realizadas.

No modelo de ficha incluíram-se os seguintes elementos:

- ◆ Identificação:
 - Ponto quilométrico
 - Troço e sub-troço
 - Estações e apeadeiros a norte e a sul da zona do ponto quilométrico
 - Fotografias (máximo de 3) ilustrativas do problema ou da zona em análise
 - Secção da carta militar correspondente ao quilómetro
 - Data da visita
 - Caracterização altimétrica do traçado
- ◆ Geologia e Geotecnia
 - Secção da carta geológica da zona
 - Enquadramento geológico
 - Tipo de problema
 - Ensaios
 - Descrição de obras já realizadas
 - Soluções preconizadas

A consulta de uma base de dados com informação não numérica é facilitada pela normalização dos dados introduzidos. Assim, numa primeira fase, julgou-se conveniente proceder à tipificação dos seguintes aspectos das fichas de inspecção:

- Traçado altimétrico
- Caracterização do tipo de problema.

Para cada um destes aspectos consideraram-se as seguintes classificações (LNEC 1999):

Quadro 1- Caracterização do traçado altimétrico

Traçado altimétrico
Escavação de grandes dimensões >6 m
Escavação < 6 m
Aterro < 5 m
Aterro entre 5 e 10 metros
Aterro >10 m
Nível
Meia encosta
Meia encosta com escavação de grandes dimensões (>6 m)
Meia encosta com aterro de grandes dimensões (>5 m)

Quadro 2 - Caracterização do tipo de problema

Tipo	Sub-Tipo
Instabilidade de plataforma	Deficiente drenagem da linha
Instabilidade de taludes de escavação	Deficiente drenagem
	Erosão superficial de taludes de escavação
	Queda de blocos
	Escorregamento antigo
Instabilidade de taludes de aterro	Instabilidade potencial
	Deformação excessiva do aterro
	Erosão de taludes
	Deficiente drenagem dos taludes
	Escorregamento antigo

As classificações apresentadas para o traçado altimétrico e o tipo de problema não são, naturalmente, as únicas hipóteses, nem esgotam todas as situações que se podem deparar. No entanto, as classes consideradas mostraram ser suficientes e caracterizam adequadamente os casos analisados no troço da Linha do Norte em que foram aplicados. Dada a natureza do sistema de arquivo (informático) é fácil, em qualquer momento, alterar o sistema de classificações aqui proposto para outro julgado mais conveniente.

Para além de permitir a sistematização da informação recolhida e de facilitar a introdução de dados, a metodologia adoptada permite ainda a análise do ponto de vista estatístico, quando se justifique, dos dados recolhidos.

No diagrama da Fig. 1 apresenta-se a configuração esquemática da base de dados das fichas de inspecção.

Para além da informação introduzida manualmente na base de dados, cada ficha inclui outros dados que são gerados automaticamente a partir de outros. Assim, e por exemplo, o ponto quilométrico de uma determinada ficha de inspecção determina o troço e sub-troço bem como as estações a Norte e a Sul do referido ponto auxiliando, assim a sua leitura.

3 – APLICAÇÃO

A primeira aplicação da metodologia acima proposta foi feita para o Sub-troço 2.1 da Linha do Norte tendo envolvido as fases acima indicadas. Assim, procedeu-se ao reconhecimento de campo das anomalias existentes mediante a realização de visitas efectuadas em conjunto com elementos da REFER, nomeadamente da equipa de modernização da Linha do Norte e da área de conservação correspondente ao troço visitado. Procurou-se, desta forma, obter não só elementos sobre as anomalias identificadas, mas também sistematizar as informações prestadas pelos elementos da REFER. A inclusão desta informação na base de dados é da maior importância pois, para além de permitir a identificação das zonas problemáticas traduz uma vivência de diversos anos na resolução dos

problemas que, entretanto, ocorreram sendo em muitos casos aparente o sucesso ou insucesso das mesmas.

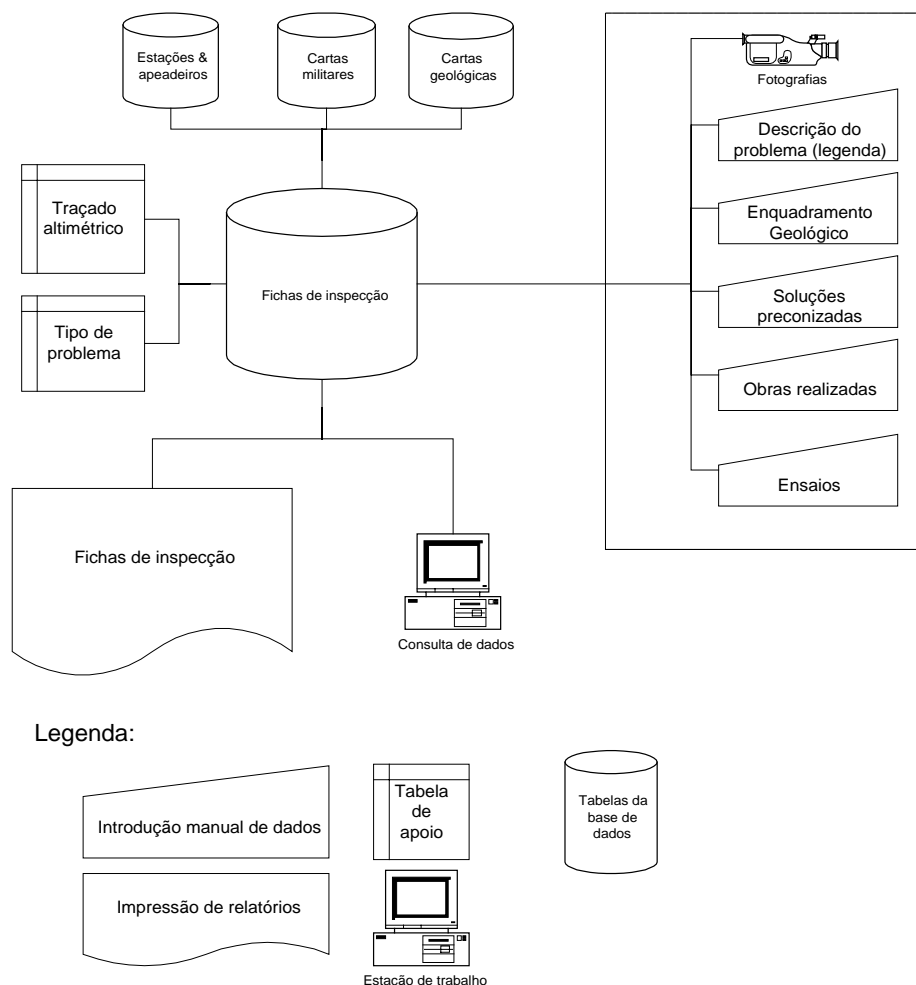


Fig. 1 – Configuração geral da base de dados de fichas de inspecção

Numa fase posterior desenvolveu-se o trabalho de gabinete envolvendo a consulta dos elementos disponíveis e a realização da base de dados.

Um dos aspectos mais relevantes a considerar é que a conversão da linha actual às exigências de uma via de alta velocidade requer uma nova definição geométrica da via, nomeadamente da directriz e do perfil transversal tipo. Por outro lado, o encaixe do traçado da actual via não permite, à parte de algumas variantes e ripagens que já estão definidas, grande liberdade para alterações significativas à directriz existente. A solução a definir terá então de traduzir um compromisso entre estas condicionantes. A definição de soluções de estabilização tem de ter este aspecto em consideração.

Em relação ao sub-troço estudado foram realizadas no total 26 fichas de inspecção distribuídas ao longo dum traçado com 43 km. Com base na informação disponível e no reconhecimento de campo salientam-se na caracterização dos vários locais os seguintes aspectos:

- condições geológicas;
- resultados dos trabalhos de prospecção (efectuados em estudos anteriores);
- caracterização dos principais condicionalismos geotécnicos;
- identificação de medidas correctivas-tipo.

As formações interessadas no traçado do trecho em análise foram descritas em termos litológicos e estruturais, adoptando-se as unidades definidas na Carta Geológica de Portugal à escala 1/500.000 (SGP, 1992). Estas unidades compreendem às formações carbonatadas do Jurássico, do Cretácico e do Miocénico, às formações detríticas (arenitos, areias e argilas) cretácicas, miocénicas e pliocénicas e os depósitos aluvionares de ocorrência localizada, predominantemente, areno-argilosos de idade Recente.

Os trabalhos de prospecção realizados durante as diversas fases dos estudos de projecto visaram sobretudo a caracterização geotécnica dos materiais que constituem a plataforma, e incluíram a realização de trincheiras e de ensaios laboratoriais (granulometrias, limites de Atterberg, ensaios Proctor, determinação da baridade in situ e CBR). Assim, a caracterização geológica das formações que constituem os taludes de escavação, bem como dos materiais com que foram construídos os aterros assentou essencialmente no reconhecimento de campo.

Face à natureza dos terrenos interessadas nos taludes de escavação constatou-se, que os principais condicionalismos geotécnicos resultavam de instabilizações directamente ou indirectamente relacionadas, com problemas de drenagem (superficial e/ou interna) insuficiente. A análise dos vários locais inventariados neste estudo permitiu concluir que a falta de controlo do escoamento superficial e à saturação dos terrenos estão na origem de diversos fenómenos de instabilização que vão desde a erosão superficial (ravinamento, por vezes muito pronunciado) até aos escorregamentos planares ou circulares de diversas dimensões e importância. Localmente, reconheceu-se ainda a possibilidade de poderem ocorrer, em geral associados a litologias mais competentes (calcários), instabilizações do tipo queda de blocos, estando alguns destes casos relacionados também com condições de deficiente drenagem interna do maciço.

Com base na informação geológica e geotécnica recolhida e na identificação dos principais condicionalismos geotécnicos presentes em cada local procuraram-se definir as medidas correctivas-tipo mais adequadas a cada caso. Deste modo, constatou-se que face as características geotécnicas identificadas na maioria dos taludes de escavação as intervenções a desenvolver deveriam actuar ao nível do reperfilamento (terraplenagens) e da drenagem superficial e profunda dos maciços (construção e/ou reformulação dos sistemas de drenagem superficial e interna).

A construção de obras de suporte foi proposta apenas quando as intervenções anteriores eram insuficientes para assegurar a estabilização dos taludes devido a condicionalismos de vária ordem (ocupação urbana, interferência com vias de comunicação, etc). Alguns destes casos correspondem a locais em que já existiam obras de suporte de diversos tipos, cuja funcionalidade terá que ser reavaliada caso a caso no sentido de determinar a viabilidade da sua reabilitação ou a necessidade da sua substituição.

4 - EXEMPLOS

As figuras seguintes ilustram duas fichas de inspecção correspondentes ao troço referido de onde se salienta a integração dos diversos elementos acima descritos.






<p>PK 130.200 Data 1999-02- Troço 2.1</p> <p>Localização - Carta militar nº: 310</p>		<p>Estações: Fátima-Seiça-Ourim</p>	
		<p>Enquadramento geológico</p> 	
<p>01</p> 		<p>02</p> 	
<p>03</p> 		<p>Traçado alométrico Escavação grandes dimensões >6 m</p> <p>Enquadramento geológico</p> <p>Jurássico J13. Maciço constituído por calcários compactos de cor branca a acinzentada e por formações margosas e argilosas de cor amarelada, avermelhada e acinzentada. A diferença de resistência à erosão destes dois tipos de formações conduz à formação de consolas determinando a evolução dos taludes.</p> <p>Tipo de problema Instabilidade de taludes de escavação</p> <p>Sub-Tipo: Deficiente drenagem</p> <p>Legenda</p> <p>Zona do emboquilhamento do túnel de Fátima. Existe uma situação de instabilidade generalizada essencialmente associada a deficientes condições de drenagem. As águas superficiais da bacia sobrejacente ao emboquilhamento do túnel descarregam na linha. A inexistência de revestimento vegetal adequado agrava a erosão superficial dos taludes. A banqueta do lado da VA tem permitido que parte das massas de terreno instabilizadas aí se acumulem não afectando a funcionalidade da linha. Na VD as obras realizadas também não conduziram à estabilização da encosta.</p>	
<p>Obras já realizadas</p> <p>Reperfilamento dos taludes, execução de pregagens no talude do lado da VD, muro de protecção na base dos taludes, estruturas de contenção de carácter provisório em madeiras.</p>			
<p>Solução preconizada</p> <p>A estabilização dos taludes requer um reperfilamento global entre o emboquilhamento do túnel e a passagem superior a sul. Estas obras terão de ser complementadas com um sistema de drenagem superficial a diversos níveis tendo em especial atenção o elevado volume de água proveniente da bacia sobrejacente ao túnel. Em determinadas zonas, nomeadamente onde ocorreram escorregamentos ou onde o maciço exibe mau comportamento deve-se recomendar o uso de máscaras e/ou esporões drenantes. Em face da natureza geológica dos terrenos estes devem ser protegidos com espécies vegetais adequadas imediatamente após as obras de terraplenagem.</p>			

Fig. 2 – Ficha de inspecção ao PK 130+200- Túnel de Fátima






<p>PK 126.650 Data 1999-02- Troço 2.1</p>		<p>Estações: Fungalvaz-Fátima</p>	
<p>Localização - Carta militar nº: 310</p> 		<p>Enquadramento geológico</p> 	
<p>01</p> 	<p>02</p> 	<p>Traçado altimétrico Meia encosta</p>	
<p>03</p> 		<p>Enquadramento geológico</p> <p>Jurássico Jc2. Calcários compactos brancos a acinzentados, por vezes com passagens de calcários margosos e margas. O maciço apresenta-se calcificado com as cavidades preenchidas por solos residuais de cor avermelhada (terra rossa). A fracturação e a erosão diferencial a favor das formações mais brandas que originam a formação de consoles permitem a individualização de blocos de dimensões decimétrica a métrica.</p>	
<p>Obras já realizadas</p> <p>Muro de suporte com cerca de 6 metros de altura.</p>		<p>Tipo de problema Instabilidade de taludes de escavação</p> <p>Sub-Tipo: Queda de blocos</p> <p>Legenda</p> <p>Zona onde existe um muro de suporte que confina com talude onde se desprendem, com frequência, blocos de calcário. A lavagem do preenchimento argiloso propicia a queda dos blocos verificando-se que alguns atingem a linha.</p>	
<p>Solução preconizada</p> <p>Trata-se de uma zona que necessita de uma intervenção generalizada que consistirá na aplicação de soluções múltiplas de forma sintomática, nomeadamente com remoção de blocos potencialmente instáveis, calçamento de outros, instalação de rede pregada, materialização da cortina vegetal ou barreiras com capacidade de contenção dos blocos. Complementarmente considera-se necessário a implementação dum sistema de drenagem superficial na base do muro, ao seu coroamento e ao longo da encosta.</p>			

Fig. 3 – Ficha de inspeção ao PK 126+650

5 - CONCLUSÕES

A metodologia adoptada permitiu, de forma eficiente, inventariar as principais zonas com problemas geotécnicos ao longo deste sub-troço. Com base neste inventário é possível dispor agora de um registo histórico com as informações pertinentes a cada uma das situações analisada.

A existência de um registo desta natureza, permite a fácil actualização da informação e o conseqüente acompanhamento da evolução de cada um dos locais inventariados. Para além disso, fornece indicações importantes para o projecto de obras de correcção das anomalias detectadas.

De futuro, permite também, pelo acompanhamento de cada um dos casos já assinalados nas fichas de inspecção, verificar a adequação de cada uma das soluções adoptadas e, de certa forma, racionalizar a sua aplicação futura.

Como nota final, cabe aqui referir que, em face da dimensão do empreendimento, se afigura que, este tipo de estudo, representando uma pequena parcela do seu custo total permite, em contrapartida, fundamentar e definir melhor as soluções de projecto e deste modo recuperar os investimentos nos custos de construção.

BIBLIOGRAFIA

LNEC (1999) – “Visitas de inspecção aos taludes do troço 2.1 da Linha do Norte. Consolidação do projecto”. Relatório 201/99 – NF.

SGP (1992) – “Carta Geológica de Portugal à escala 1:500 000”.