

Avaliação da declividade através de modelos digitais para identificação de taludes críticos ao longo de uma rodovia

Andressa de Fátima da Rocha Pontes
UFPR, Curitiba, Brasil, andressafrpontes@gmail.com

Liamara Paglia Sestrem
UFPR, Curitiba, Brasil, liamara.ufpr@gmail.com

Alessander Christopher Morales Kormann
UFPR, Curitiba, Brasil, alessander@ufpr.br

Andrés Miguel González Acevedo
UFPR, Curitiba, Brasil, andresmgonzaleza@gmail.com

Larissa de Brum Passini
UFPR, Curitiba, Brasil, larissapassini@hotmail.com

RESUMO: Rodovias são obras que se estendem por longos trechos e interceptam diversos tipos de relevos, dificultando sua análise em um contexto geral ou ainda o desenvolvimento de comparativos como por exemplo identificar regiões onde encontram-se taludes com baixo fator de segurança e até mesmo instáveis. Com o objetivo de facilitar o mapeamento dos locais de riscos e selecionar pontos para o monitoramento de taludes rodoviários, neste trabalho, foram utilizados: Modelos Digitais de Elevação (MDE), mapas criados a partir de ferramentas do software ArcGIS, perfis de elevação gerados pelo Google Earth e informações obtidas em visitas ao sítio de estudo. A declividade dos taludes é o foco deste estudo, justificando-se por ser um dos fatores que influenciam na ocorrência de fenômenos de movimentos de massa, afetando diretamente os resultados das análises de estabilidade de taludes e o fator de segurança dos mesmos. Assim, analisou-se aspectos geológicos-geotécnicos, características geomorfológicas da declividade e a geologia de duas serras, por onde a Rodovia Régis Bittencourt atravessa: Serra do Azeite e Serra Pelada, localizadas entre Curitiba (PR) e São Paulo (SP). Constatou-se que a metodologia adotada teve um papel fundamental na definição de pontos de monitoramento para a grande extensão da rodovia visando aumentar a segurança viária e auxiliando a tomada de decisões neste âmbito.

PALAVRAS-CHAVE: Estabilidade de Taludes, Monitoramento de Taludes Rodoviários, Modelo Digital de Elevação, Análise Geológica-Geotécnica.

1 INTRODUÇÃO

O transporte rodoviário é o principal modo de transporte de cargas e de passageiros no Brasil, no ano de 2011 transportou aproximadamente 61% das cargas e foi responsável por um fluxo de 131,5 milhões de passageiros (CNT, 2014). Ressaltando assim a importância da adoção de

medidas para aumentar a segurança rodoviária. Do mesmo modo que a identificação de taludes, com suscetibilidade à ruptura e o monitoramento de taludes ao longo das rodovias, tornam-se fundamentais para possibilitar a orientação do desenvolvimento de medidas preventivas, evitar deslizamentos e possíveis tragédias causadas pelos movimentos

de massas.

Neste trabalho, apresenta-se uma metodologia para classificar a declividade de taludes em grandes trechos de rodovias com o objetivo de identificar os pontos mais críticos para serem monitorados. O local escolhido para este estudo de caso é a rodovia Régis Bittencourt, no trecho localizado entre Curitiba/PR e São Paulo/SP.

Para visualizar a declividade ao longo dos trechos das serras, foi elaborado um Modelo Digital de Elevação (MDE), onde identificaram-se os trechos de maiores declividades e, com esses pontos levantados, foram realizadas visitas ao local de estudo para verificar locais com possível potencial de suscetibilidade ao deslizamento, bem como para caracterizar aspectos geológicos-geotécnicos dessas regiões. Por fim, compatibilizou-se todos os dados e definiram-se os principais pontos de interesse para o monitoramento de taludes.

2 ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo teve como foco um trecho de aproximadamente 400 km sob concessão da Autopista Régis Bittencourt, situado na rodovia Régis Bittencourt (BR-116) entre os municípios de Curitiba (PR) e São Paulo (SP), principal meio de ligação entre as regiões Sul e Sudeste do país. Uma vez que o relevo mais acentuado encontra-se em trechos de serra, os estudos focaram as duas serras identificadas no trecho: Serra do Azeite e Serra Pelada, pertencentes à cadeia de montanhas da Serra do Mar (Figura 1).

A Serra do Azeite localiza-se no município de Cajati (SP), entre os km 500 e 522 da Rodovia Régis Bittencourt. Já a Serra Pelada está localizada no município da Barra do Turvo (SP), entre os km 540 e 555, da mesma rodovia.



Figura 1. Localização da região de estudo, Serra do Azeite e Serra Pelada

Tais serras fazem parte da Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape e Litoral Sul, localizada na porção ao sul do estado de São Paulo, sendo caracterizada por um desenvolvimento aproximadamente paralelo à orla marítima. A bacia do Rio Ribeira de Iguape e Litoral Sul delimita-se a sudoeste com o estado do Paraná, ao norte com a Bacia Alto Paranapanema, Sorocaba e Médio Tietê, a nordeste com a bacia do Alto Tietê e a Baixada Santista e a leste com o Oceano Atlântico, segundo dados da Secretaria de Saneamento e Energia (SSE, 2010).

Chuvvas intensas fazem parte da característica do clima da região, o qual encontra-se na classificação climática de Köppen-Geiger, enquadrado principalmente no tipo Cfa (subtropical úmido com verão quente), que corresponde a 50% da bacia, 45% no tipo Cfb (subtropical úmido com verão fresco) e 5% no tipo Af (tropical úmido sem estação seca) (SSE, 2010).

Quanto aos aspectos geológicos, na área de interesse do presente estudo, existem dois grandes domínios que caracterizam a região: as baixadas litorâneas, constituídas principalmente por depósitos sedimentares cenozóicos recentes, com idades de até 120.000 anos, e as serranias costeiras, constituídas por rochas cristalinas antigas (ígneas e metamórficas), com idades de 2.200 a 60 milhões de anos (CBH-RB, 2011).

As rochas mais antigas (2.200 a 540 Ma) são principalmente gnaisses, xistos, filitos, quartzitos e rochas calcárias, quebradas e dobradas, com alinhamento principalmente ENE, seguidas por granitos (650 a 540 Ma). A

desagregação do antigo supercontinente Gondwana e a consequente separação da América do Sul e África causou movimentos que geraram rochas vulcânicas básicas e alcalinas (diques do alinhamento Guapiara e os corpos de rochas alcalinas de Jacupiranga, Juquiá, Pariquera-Açu e Morro de São João). A partir dessa época também se formou o conjunto de serras do Mar e Paranapiacaba (CBH-RB, 2011).

Encontra-se especificamente na região uma geologia formada por rochas do Embasamento Cristalino, representadas pelo Gnaiss Bandado Barra do Azeite e por sequências supracrustais da formação Turvo-Cajati. O Gnaiss Bandado Barra do Azeite (2.200-2.100 Ma) é constituído por ortogneiss bandado, migmatizado em condições de fácies anfibolito alto e milonitizado em condições de fácies xisto-verde. A Formação Turvo-Cajati, de idade máxima de sedimentação de cerca 850-900 Ma, é composta por rochas metassedimentares siliciclásticas e carbonáticas metamorfizadas em condições de fácies xisto-verde a granulito (CPRM, 2013). Sendo esta formação subdividida em três unidades: Unidade de Filito, Unidade de Micaxisto e Unidade Paragnáissica.

Na região da Barra do Turvo encontram-se exposições de rochas frescas que também fazem parte da formação Turvo-Cajati. Os litotipos dominantes consistem de (quartzo) micaxisto feldspático, e sillimanita-granada paragnaisses, embora ocorram expressivas intercalações de lentes de mármore, quartzito, rochas calciossilicáticas e gnaisses (FALEIROS, 2008).

Ocorrem ainda, no trecho estudado da rodovia, rochas intrusivas na forma de batólitos graníticos de várias naturezas e formas, incluindo o Granito Alto Jacupiranguinha e o Granito Alto Turvo.

3 METODOLOGIA

Inicialmente, foram analisados arquivos de uma restituição topográfica em escala 1:1.000, com curvas de nível de 1 em 1 m, e ortofotos ao longo da faixa de domínio da rodovia. Com base nessas curvas de nível e no traçado da

hidrografia da área, foram então gerados os MDE's da Serra do Azeite e da Serra Pelada. Inseriu-se estes dados no *software* ArcGIS e com a ferramenta de interpolação "*Topo to raster*" obteve-se os MDE's das regiões de interesse. Em relação à resolução do modelo, considerou-se a resolução de 1 metro para o tamanho do pixel no processo de interpolação, de acordo com o critério de equidistância das curvas de nível (HENGL, 2006).

Para a classificação da declividade utilizada no ArcGIS, foram adaptados e usados os critérios da Embrapa (2006), onde os valores dos intervalos apresentados pela mesma estão em porcentagem. Para o presente trabalho, optou-se por representar as declividades em graus de modo a se obter uma melhor aplicabilidade na análise da modelagem. Millán (2015) apresentou estes valores (Tabela 1) com a equivalência em graus dos valores percentuais de declividade, onde relevo plano corresponde ao intervalo de inclinação de 0° a 1,35°, relevo suave ondulado entre 1,35° e 3,60°, relevo ondulado entre 3,60° e 9,00°, relevo fortemente ondulado entre 9,00° e 20,25°, relevo montanhoso entre 20,25° e 33,75° e, ainda, como relevo escarpado as declividades maiores que 33,75°.

Tabela 1. Classificação do relevo de acordo com a declividade segundo Embrapa (2006) e equivalências em graus, modificado de Millán (2015)

CLASSES DE DECLIVIDADE		CLASSIFICAÇÃO DO RELEVO
(%)	(°)	
0 – 3	0 – 1,35	Plano
3 – 8	1,35 – 3,60	Suave ondulado
8 – 20	3,60 – 9,00	Ondulado
20 – 45	9,00 – 20,25	Forte Ondulado
45 – 75	20,25 – 33,75	Montanhoso
> 75	> 33,75	Escarpado

Embora os intervalos propostos por Millán (2015) sejam equivalentes em graus aos apresentados em porcentagem pela Embrapa (2006), optou-se neste trabalho por modificá-los com o objetivo de classificar o relevo considerando suas características de estabilidade. Assim, terrenos caracterizados como plano, suave e ondulado, encontram-se na faixa de declividade considerada estável para todas as encostas (de 0° a 15°). Os relevos forte

ondulado, montanhoso e escarpado, entram em uma faixa de declividade na qual os taludes começam a ter coeficientes de segurança menores ou até mesmo tornam-se instáveis (Tabela 2).

Tabela 2. Classificação do relevo de acordo com a declividade segundo Embrapa (2006) e intervalos em Graus (°) utilizados para elaboração dos mapas de declividade deste estudo

CLASSES DE DECLIVIDADE		CLASSIFICAÇÃO DO RELEVO
(%)	(°)	
0 – 3	0 – 3	Plano/Suave ondulado
3 – 8	3 – 8	Suave ondulado/ Ondulado
8 – 20	8 – 15	Ondulado/ Forte Ondulado
20 – 45	15 – 30	Forte Ondulado/ Montanhoso
45 – 75	30 – 45	Montanhoso/ Escarpado
> 75	45 – 90	Escarpado

Uma vez obtidos os MDE's e definidos os intervalos de análise, confeccionou-se os mapas de declividade por meio da ferramenta “*Slope*”, do *software* ArcGIS. Como já mencionado, na elaboração destes mapas, a classificação proposta na Tabela 2, corresponde aos critérios de intervalos de declividade para o relevo adotados neste trabalho.

Após a criação dos mapas, foram realizadas visitas à região de estudo, visando confirmar as regiões de maiores declividades e suas formações geológicas para melhor identificar e avaliar o potencial de instabilidade destes locais.

Primeiramente, foi realizada a inspeção visual ao longo dos trechos da rodovia, verificando se os taludes com declividade mais acentuada mapeados nos MDE's. Uma vez localizados esses taludes, verificou e descartou-se aqueles em que a rocha estava exposta, ou seja, que visualmente não possuíam espessura de solo.

Tal critério foi utilizado pois o objetivo deste trabalho caracteriza-se por identificar locais para o monitoramento de taludes em solo. No entanto, cabe salientar que os taludes rochosos, em muitos casos, também podem apresentar riscos à segurança rodoviária.

Em seguida, coletou-se informações de 28

taludes pertencentes as serras. Nesses pontos, além da verificação visual em campo da composição litológica do talude, foram realizadas medições das atitudes presentes nas rochas.

O estudo envolveu ainda o georreferenciamento do mapa geológico da área, folha Eldorado Paulista, siglas SG.22-X-B-VI, na escala de 1:100.000 que foi subdividido buscando as ocorrências destas unidades e formações geológicas no trecho da rodovia BR-116, confirmando o mapeamento geológico de superfície. Esta subdivisão está apresentada nas Figuras 2, 3 e 4, onde a rodovia Régis Bittencourt e seus marcos quilométricos foram sobrepostos, tanto para a pista norte (PN), como para a pista sul (PS).

Assim, a Serra do Azeite é composta pelas formações Micaxisto, Paragnáissica, Gnaiss Bandado da Serra do Azeite e Granito Alto Jacupiranguinha nos quilômetros finais desta serra, constatadas ao longo das visitas conforme pode ser observado nas Figuras 2 e 3.

Já na Serra Pelada, a formação predominante é a Granito Alto Turvo em toda a extensão da rodovia, com a presença do Gnaiss Bandado da Serra do Azeite apenas no início da mesma, conforme ilustrado na Figura 4.

Com a constatação dos litotipos predominantes na Serra do Azeite, gnaisses e paragnais, e observação de cicatrizes originadas de escorregamentos, nota-se que as rochas presentes na Serra do Azeite desenvolveram espessura de solo devido ao intemperismo dos gnaisses e paragnais, tornando esta área interessante para análises de estabilidade e monitoramento geológico-geotécnico de encostas.

Já na Serra Pelada, os litotipos predominantes foram os graníticos (Granito Alto Turvo) e, às margens da rodovia, foram encontrados taludes em rochas bastante intemperizadas, com várias cicatrizes de escorregamentos, tornando-a, do ponto de vista geotécnico, interessante para estudos mais aprofundados.

Uma vez que os fatores geológicos são responsáveis por diversas características, tais como: constituição química, organização e modelagem do relevo terrestre, litologia,

processos tectônicos, de dobras e de falhamentos, constituintes dos diversos tipos de rocha, o entendimento da evolução dos relevos torna-se necessário para compreender a formação de maciços e os fatores que influenciam, tanto na sua estabilidade, quanto nos processos de instabilização.

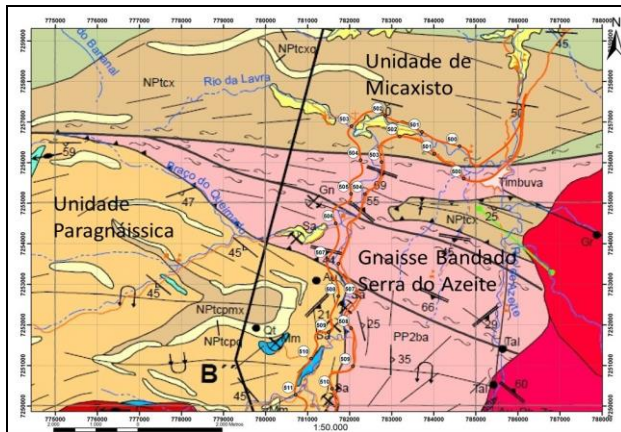


Figura 2. Mapa Geológico da Serra do Azeite do km 500 ao 511

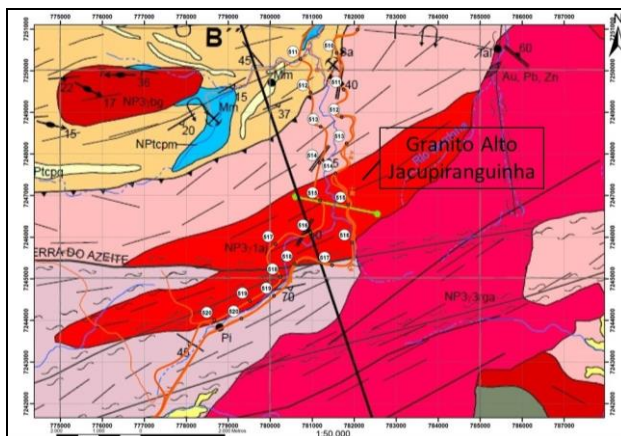


Figura 3. Mapa Geológico da Serra do Azeite do km 511 ao 520

Outra ferramenta utilizada, neste trabalho foi o perfil de elevação do Google Earth, aplicado apenas para aqueles selecionados por meio dos MDE's juntamente com as visitas em campo. De posse desses perfis, foi possível comparar as características geométricas destas encostas e definir os locais para monitoramento além de avaliar a altitude da rodovia ao longo do trecho estudo, conforme será apresentado no item subsequente.

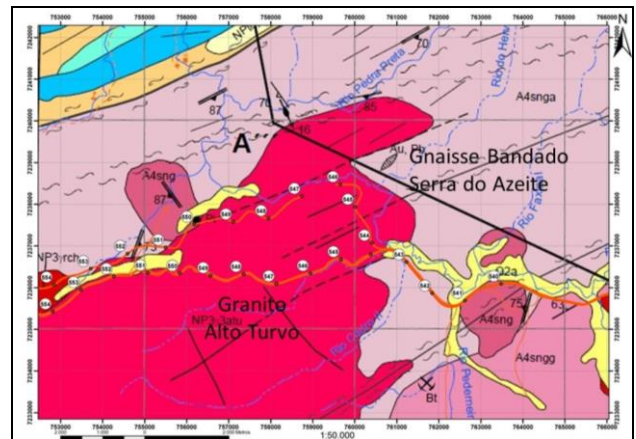


Figura 4. Mapa Geológico da Serra Pelada do km 540 ao 555

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após a inserção dos dados no ArcGis, os MDE's foram gerados para toda a extensão da rodovia. O produto final caracteriza-se por mapas onde a declividade é representada em escala de cores, variando do verde ao vermelho, que correspondem à menor e maior declividade, respectivamente. Um exemplo de mapa é apresentado na Figura 5 onde representa-se a região do km 552 PN.

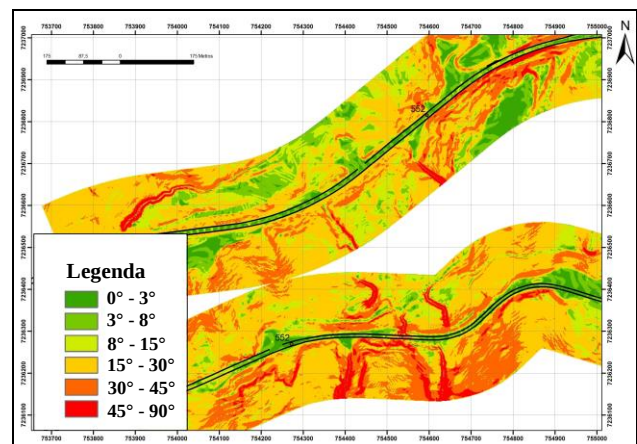


Figura 5. Modelo Digital de Elevação (MDE) do km 552 PN

Em seguida, foram analisados todos os MDE's e selecionadas as regiões onde os taludes caracterizam-se por apresentarem declividade mais acentuada. Esses locais foram estudados, gerando-se perfis de elevação no programa Google Earth, com objetivo de

comparar as características geométricas dos taludes, conforme Figura 6.

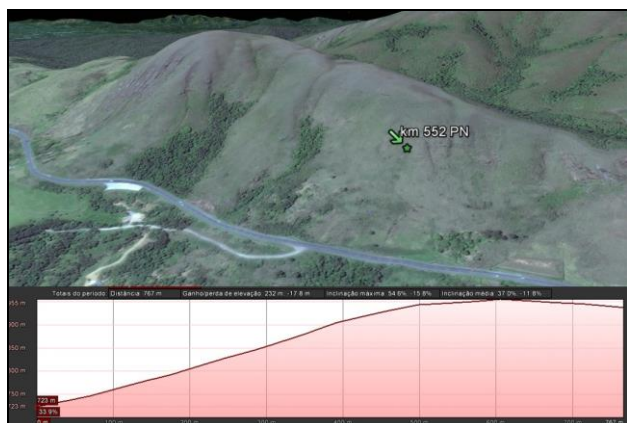


Figura 6. Perfil de elevação do talude do km 552 PN

A partir de visitas de campo foi possível identificar as formações geológicas, bem com os maciços compostos, possivelmente, por camada significativa de solo.

Com base nos MDE's, nos perfis de elevação e nas visitas de campo, convergiu-se para um estudo comparativo (Tabela 3) entre os principais pontos de interesse, subsidiando, assim, a seleção de locais para instalação dos instrumentos ao longo da rodovia Régis Bittencourt.

Tabela 3. Característica geométricas e unidade geológica de alguns taludes pertencentes a Serra do Azeite e Serra Pelada

LOCAIS	ALTURA (m)	DECLIVIDADE (%)	UNIDADE GEOLÓGICA
km 500 PN	21	23	Micaxisto
km 509 PS	467	19	Paragnáissica
km 510 PS	57	30	Paragnáissica
km 511 PS	48	31	Paragnáissica
km 516 PS	168	49	Granito Alto Jacupiranguinha
km 517 PN	147	55	Granito Alto Jacupiranguinha/Gnaiss Bandado
km 520 PN	229	31	Serra do Azeite Gnaiss Bandado
km 550 PN	148	19	Serra do Azeite Granito Alto Turvo
km 552 PN	232	45	Granito Alto Turvo

Visando ampliar o entendimento da região e avaliar a distribuição dos possíveis pontos de

interesse, foram elaborados ainda perfis de elevação dos eixos da rodovia para as duas Serras (Figuras 7 e 8).



Figura 7. Perfis de elevação dos eixos da Rodovia Régis Bittencourt, das pistas sul e norte no trecho da Serra do Azeite km 500 ao 520



Figura 8. Perfis de elevação dos eixos da Rodovia Régis Bittencourt, das pistas sul e norte no trecho da Serra Pelada km 540 ao 555

Observa-se que as encostas com as maiores alturas estão localizadas nos km 509 PS, km 520 PN e km 552 PN. Ao analisar a declividade, verifica-se que os taludes dos km 516 PS, km 517 PN e km 552 PN possuem as maiores inclinações com 49%, 55% e 45%, respectivamente, características essas de grande importância para análises de estabilidade de taludes.

Ressalta-se que diferentes altitudes ao longo de um trecho de Serra do Mar normalmente estão associados à uma variação nos volumes precipitados. Um estudo onde pluviógrafos foram instalados na Serra do Mar Paranaense em um trecho da BR-376, em altitudes distintas, mostrou comportamentos de precipitações diferentes, evidenciando a complexidade pertinente ao regime pluviométrico nestes locais e a importância de monitorar diferentes altitudes. Baseando-se nesse monitoramento, foi possível ainda orientar possíveis intervenções de interrupção de tráfego apenas em pontos com registros de chuva considerados

críticos (APLS, 2015).

Victorino *et al.* (2015) também destacam a importância de se avaliar o volume precipitado ao longo de diferentes topografias em regiões de Serra do Mar, notando-se a heterogeneidade inerente ao regime pluviométrico característico destes lugares. Em um estudo proposto por Kormann *et al.* (2015), dados históricos de 4 pluviógrafos instalados em diferentes altitudes, próximos a Serra do Azeite e Serra Pelada foram analisados e observou-se a ocorrência de eventos pluviométricos distintos entre os equipamentos avaliados.

Assim, optou-se pelo monitoramento de 3 áreas (km 508+700 PS, km 513+630 PS e km 552 PN), indicados pelas estrelas nas Figuras 7 e 8, baseando-se em critérios técnicos, econômicos e logísticos. Utilizando-se esses 3 pluviógrafos, que serão instalados ao longo dos trechos das serras, como referência e em dados históricos de outros 7 pluviógrafos, identificados próximos ao local de estudo, poderão ser realizadas comparações e correlações para analisar os efeitos da precipitação em diferentes altitudes e ao longo do trecho.

Ainda, por se tratar de uma região onde o clima é caracterizado como subtropical úmido, com ocorrência frequente de chuvas intensas e grandes variações durante o ano, justifica-se a instalação dos pluviógrafos, para assim monitorar o regime pluviométrico local e o comportamento dos taludes em termos de estabilidade tanto nas estações chuvosas como nas secas. Sendo que, a estabilidade de encostas está diretamente relacionada com períodos de chuva devido à elevação do nível do lençol freático, aumento da saturação e redução da sucção nas camadas superficiais de solo.

Depois de verificadas as condições de acesso de equipamentos para a instalação dos demais instrumentos para o monitoramento (piezômetro, tensiômetro e inclinômetro), escolheu-se o talude do km 552 PN (Figura 9 a,b), o qual possui características geométricas mais interessantes, quando comparado com os demais taludes pertencentes as serras do Azeite e Pelada. Além disso, há cicatrizes que evidenciam que no passado ocorreu um movimento de massa no local.

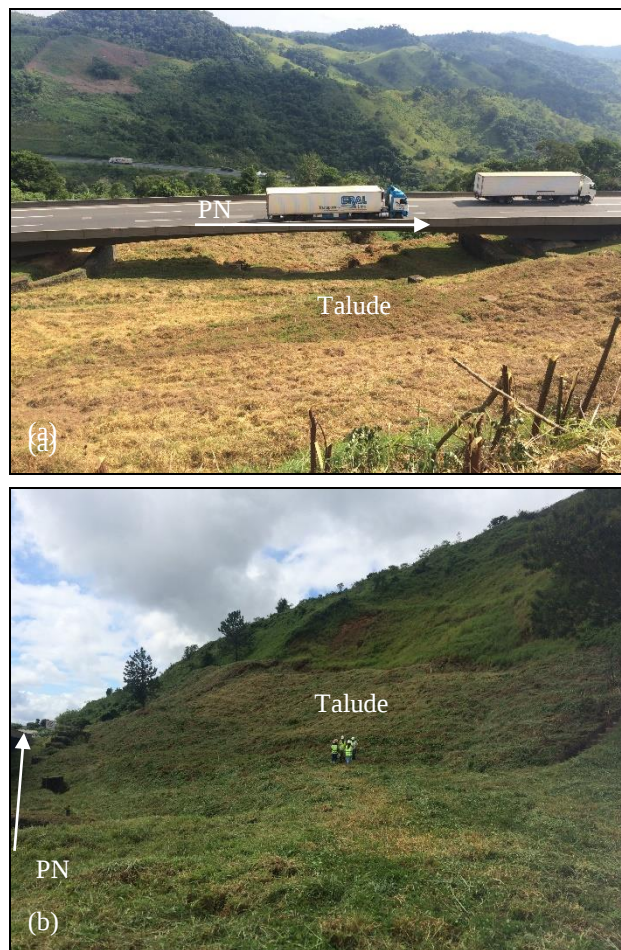


Figura 9. (a,b) Talude selecionado para a futura instrumentação (km 552 PN).

Como a análise de estabilidade de taludes é complexa, por envolver muitos fatores que se associam e se interligam, quanto maior o número de elementos monitorados que contribuem para a soma dos fatores estabilizadores ou instabilizares dos maciços, melhor será a resposta do sistema de monitoramento. Assim, com a instalação de piezômetros, tensiômetros e inclinômetros, as principais forças atuantes no talude são monitoradas, possibilitando uma melhor reprodução, para análise, do que realmente acontece em campo.

5 CONCLUSÕES

O mapeamento de áreas de grande extensão tendo em vista à definição de classes de declividade através dos MDE's mostrou-se uma

ferramenta bastante útil e eficiente. Tal metodologia permite comparar e identificação regiões mais críticas, sendo importante, contudo complementar essas análises com visitas de campo para confirmar as informações obtidas. Estudos que contemplam apenas visitas de campo e análises independentes de levantamentos topográficos tendem a ser menos representativos e de difícil interpretação.

Em complemento à isso, uma análise da formação e unidades litológicas que estão presentes na área em estudo deve ser elaborada, de modo a identificar características que definem o comportamento desses materiais. Quando possível, um levantamento das áreas com histórico de instabilidade também deve ser realizado, buscando identificar áreas com concentração de registros de instabilidade. Assim, a união de todas essas ferramentas conduz a uma análise mais eficaz, possibilitando a integração de informação e identificação de pontos críticos em taludes rodoviários.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres e à Autopista Régis Bittencourt – Grupo Arteris, pelo apoio à pesquisa e viabilização deste estudo.

REFERÊNCIAS

APLS – Autopista Litoral Sul. (2015) *Riscos Geológico-Geotécnicos em Taludes Rodoviários: Desenvolvimento de uma Metodologia de Mapeamento e Gerenciamento Integrado de Informações para a BR-376, Trecho da Serra do Mar (PR-SC)*, Curitiba, PR.

CBH-RB – Comitê da Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape e Litoral Sul. (2011) *Caderno de Informações sobre a Bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos nº11*.

CNT - Confederação Nacional do Transporte. (2014) *Plano CNT de transporte e logística 2014*, Brasília, DF.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. (2013) *Geologia e recursos minerais da folha Eldorado Paulista – SG.22-X-B-VI, estado de São Paulo, Escala 1:100.000*, São Paulo, SP, 128 p.

Embrapa. (2006) *Sistema Brasileiro de classificação de solos*. Brasília, DF.

Faleiros, F.M. (2008) *Evolução de Terrenos Tectono-Metamórficos da Serrania do Ribeira e Planalto Alto Turvo (SP, PR)*, Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 306 p.

Hengl, T. (2006) *Finding the right pixel size*. Computers & Geosciences 32. Elsevier. p. 1283–1298.

Kormann, A.C.M., Sestrem, L.P., Pontes, A.F.R. e Asakawa, S. (2015). *Gestão da Segurança de Taludes Rodoviários da Rodovia Régis Bittencourt, Trecho da Serra do Mar PR/SP: Estudos Probabilísticos e Monitoramento Geológico-Geotécnico para Mensuração de Riscos Através de Critérios Econômicos*, Revista ANTT, Vol. 7, n. 2.

Millán C. Y S. (2015) *Avaliação da suscetibilidade das vertentes de um trecho da BR-376, entre os km 658+820 e 660+690 m, PR.*, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná, 101 p.

SSE - Secretaria de Saneamento e Energia. (2010) *Ribeira do Iguape e Litoral Sul. Plano Regional Integrado de Saneamento Básico para a UGRHI-11*, São Paulo, SP.

Victorino, M.M., Sestrem, L.P., Kormann, A.C.M., Benetti, L. (2015) *Planejamento, Implantação e Operação de uma Rede de Pluviógrafos na Serra do Mar Paranaense*, In: 15º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2015, Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul. **Anais...** São Paulo: ABGE.