



ANÁLISE DA FAIXA DE DOMÍNIO DE UM TRECHO DE FERROVIA LOCALIZADO NA CIDADE DE JUIZ DE FORA-MG

Kelly Ferreira Berini – kelly.berini@engenharia.ufjf.br

Jordan Henrique de Souza – jordan.souza@ufjf.edu.br

Gislaine dos Santos – gislaine.santos@engenharia.ufjf.br

Isabelle de Souza Sales – isabelle.sales@engenharia.ufjf.br

Ana Maria Stephan – ana.stephan@ufjf.edu.br

Universidade Federal de Juiz de Fora

Rua José Lourenço Kelmer, s/n - Campus Universitário – Bairro São Pedro

36036-900 – Juiz de Fora – MG

Resumo: *Este trabalho apresenta uma pesquisa realizada para um projeto de Pesquisa e Extensão de Engenharia Civil detalhando como está sendo utilizada a área pertencente à faixa de domínio de um trecho de ferrovia da MRS Logística, localizado na cidade de Juiz de Fora – Minas Gerais (MG). Essa área deve ser não edificada, pois é utilizada para estruturas relacionadas à ferrovia e para suas futuras expansões. O estudo consiste na análise de uma faixa de 15 metros contados a partir do eixo da ferrovia, em um total de 50 quilômetros de malha férrea que passam por todo o centro urbano. A partir de mapas e gráficos serão interpretadas informações referentes aos seguintes parâmetros: declividade, altimetria, área de risco de escorregamento por meio da metodologia Shalstab, uso do solo e localização de imóveis.*

Palavras-chave: *Pesquisa, Ferrovia, Faixa de domínio.*

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a legislação, o tripé formado pelo Ensino, pela Pesquisa e pela Extensão constitui o eixo fundamental da Universidade brasileira e não pode ser compartimentado. O artigo 207 da Constituição Brasileira de 1988 dispõe que “as universidades [...] obedecerão ao princípio da indissociabilidade entre Ensino, Pesquisa e Extensão” (MOITA & ANDRADE, 2009). Conforme Scheidemantel et al (2004) “A extensão possibilita a formação do profissional cidadão e se credencia, cada vez mais, junto à sociedade...” e “como prática acadêmica que interliga a Universidade nas suas atividades de ensino e de pesquisa, com as demandas da maioria da população”.

A prática dessas ações pode ocorrer por meio de projetos dentro das instituições de Ensino, promovendo de forma articulada os três pilares: Ensino, Pesquisa e Extensão.

O sistema de transporte ferroviário faz parte do conteúdo desenvolvido no Ensino da Engenharia Civil o qual tem sua importância relacionada à utilização desse modal nos centros urbanos, tanto do transporte de carga quanto no de pessoas.

A ferrovia na cidade de Juiz de Fora, construída em 1875, foi de extrema importância para o desenvolvimento da região e sua implantação modificou a área urbana da cidade trazendo novas perspectivas para a paisagem. Como dito por Finger (2013), o papel das linhas férreas está atrelado com a urbanização brasileira porque atraiu para o entorno das estações pontos de comércio e serviços e, conseqüentemente, surgiram na história inúmeras cidades



produtos desse crescimento.

Juiz de Fora é uma dessas cidades brasileiras que viram no desenvolvimento da ferrovia sua própria expansão, o que justifica não tão somente o papel histórico da linha férrea como também sua pesquisa realizada neste artigo.

A faixa de domínio de uma ferrovia é uma área de segurança, com pequena largura em relação à extensão, necessária para a instalação das vias férreas e demais estruturas exigidas pela operação, como estações, oficinas, pátios, bem como às futuras expansões da ferrovia, facilitando também a execução de serviços de manutenção e proteção das obras. Essa faixa é variável e, segundo a lei nº 6766/79, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências, a largura da faixa não edificável é de 15,0 m (quinze metros) posteriores à faixa de domínio, de cada lado do eixo da ferrovia, totalizando 30,0 m (trinta metros) de área não edificável. Imóveis construídos dentro dessa faixa estão sujeitos a prejuízos vindos da passagem do trem, como ruídos e vibrações, por isso respeitar essa largura estabelecida é de grande importância na hora de construir.

Como meio de auxiliar na construção do conhecimento a partir de um contato direto com a realidade, foi realizada a pesquisa abordada neste trabalho, que tem por objetivo fazer uma análise da faixa de domínio da via férrea na cidade de Juiz de Fora, no estado de Minas Gerais (MG), identificando aspectos físicos importantes como a declividade, altimetria e susceptibilidade ao escorregamento do solo e aspectos inerentes ao uso do solo e localização dos imóveis na referida área de estudo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A Pesquisa é um trabalho intelectual baseado em procedimentos consagrados, aceitos e respeitados pela comunidade científica (BAZZO & PEREIRA, 1988). Com base nisso, é necessário a busca por publicações que justifiquem e ajudem a tornar o trabalho mais completo. Seguindo esses autores, no presente artigo foram buscadas pesquisas que apontassem os prejuízos causados pela ocupação antrópica na faixa de domínio de ferrovias.

Estudos como o realizado por Kohler *et al* (2012) foram efetuados por meio de medições em larguras do eixo da ferrovia para monitorar se os níveis de ruídos aceitos pela norma brasileira estavam sendo respeitados, como conclusão os autores chegaram a uma largura de 45 metros da ferrovia para que o nível de ruído fosse aceitável.

Outro estudo relacionado foi o de Chaves *et al* (2009), em que foi realizado o monitoramento experimental da vibração induzida pelo tráfego de trens de passageiros. Concluiu-se que os atuais 30,0 m da faixa de domínio de ferrovias adotada pelas operadoras nacionais são eficientes na redução da vibração. Todavia, resultados de simulações evidenciaram que esta faixa não seria suficiente para a redução dos níveis de vibração produzidos pelo tráfego de trens de carga, o que atenderia limites propostos por normas internacionais.

No presente artigo, para detalhar os aspectos da faixa de domínio, foram gerados mapas desenvolvidos em formato geotiff para dados matriciais (raster) e em formato shapefile para dados vetoriais, georeferenciados e sob o Datum WGS84. Em um Sistema de Informação Geográfica (SIG), um vetor é a representação gráfica de feições como mapa, sem o efeito de generalização de uma grade matricial, por isso seus dados são mais acurados que os dados matriciais (CAMARA *et al*, 2004). Foram utilizados dados das cartas topográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), dados de relevo mapeados pelos projetos Aster/GDEM (Global Digital Elevation Model) e SRTM (Shuttle Radar Topograph Mission) e imagens de satélite entre 2014 e 2016.

O sensor Aster é um instrumento a bordo do satélite TERRA em funcionamento desde 1999, enquanto SRTM é uma missão lançada entre 11 e 22 de fevereiro de 2000 pela National Aeronautics and Space Administration (NASA), juntamente com a National Imagery and Mapping Agency (NIMA), a Agência Espacial Alemã (DLR) e a Agência Espacial Italiana – ASI- (BIFI *et al.*, 2013). O mapa de altimetria, que é a base para o desenvolvimento de



outros mapas, considera o nível de detalhamento do Aster/GDEM, porém é susceptível a influências atmosféricas. Tendo em vista a existência de mais de uma fonte de dados altimétricos e considerando o nível, efetuou-se a concatenação destes dados com as curvas de nível das Cartas do IBGE e dados do Projeto SRTM.

Como instrumentos disciplinares para a elaboração deste estudo, que é a análise da faixa de domínio, foram utilizados o Sensoriamento Remoto e o Geoprocessamento. O Sensoriamento Remoto possibilita a obtenção de informações sobre um objeto (alvo), área ou fenômeno na superfície terrestre por meio da análise de dados adquiridos por um dispositivo, o sensor, que não está em contato direto com o alvo (LILLESAND & KIEFER, 1994). Já o Geoprocessamento tem como objetivo tornar as coordenadas conhecidas num dado sistema de referência por meio da obtenção das coordenadas pertencentes ao sistema no qual se pretende georreferenciar, seja a partir de pontos da imagem ou da própria imagem a ser georreferenciada; estes pontos, chamados pontos de controle, são locais que oferecem uma feição física perfeitamente identificável, tais como intersecções de estradas e de rios, represas, pistas de aeroportos, edifícios proeminentes, topos de montanha, entre outros (SILVA et al, 2011).

3. ESTUDO DE CASO

A ferrovia em estudo está localizada na cidade de Juiz de Fora – MG, e é pertencente à concessionária MRS Logística S.A. A MRS é uma operadora que administra uma malha ferroviária de 1.643 km (quilômetros) abrangendo os estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. Foi criada em 1996, quando o governo transferiu à iniciativa privada a gestão do sistema ferroviário nacional. A ferrovia em questão é utilizada para transporte de cargas como minérios, produtos siderúrgicos acabados, cimento, bauxita, produtos agrícolas, containers, entre outros (MRS LOGÍSTICA, 2017).

O presente trabalho aborda apenas o trecho da via situado na região do município de Juiz de Fora, com 50 km de extensão (Km 251 ao Km 300). As análises foram feitas a cada quilômetro considerando uma faixa de 15,0 m para cada lado do eixo da ferrovia, totalizando 30,0 m de faixa de domínio.

4. METODOLOGIA

Para esse trabalho foi feita a vetorização da área de estudo no software de geoprocessamento QGis®, versão 2.18, arquitetura 64 bits. A partir da ferramenta *Buffer*, que cria áreas ao redor de feições de ponto, linha ou área de entrada para uma distância especificada, foi demarcado um trecho de 15,0 m para cada lado do eixo da ferrovia para delimitar sua faixa de domínio. Foram gerados mapas baseados nos parâmetros declividade, altimetria, susceptibilidade ao escorregamento do solo pela metodologia Shalstab, uso do solo e localização dos imóveis. Com as informações obtidas nesses mapas foram construídas tabelas para organizar os dados e gráficos para facilitar o entendimento dos resultados encontrados.

5. DESENVOLVIMENTOS E RESULTADOS

Os mapas de declividade, altimetria e susceptibilidade de escorregamento do solo foram desenvolvidos em formato matricial, com resolução do pixel de 2,0 m no padrão Datum WGS84.

O mapa de declividade, que indica as inclinações das encostas existentes na área de análise, está com intervalos de declividade a 5 graus de acordo com os padrões do CONCAR – Conselho Nacional de Cartografia, como pode ser visto no detalhamento na Figura 1.

O mapa de altimetria, apresentado na Figura 2, representa a altitude do terreno em relação ao nível do mar, na escala métrica, gerando um modelo do terreno, em formato digital, no qual utiliza um sistema de graduação de cores para representar a elevação dos terrenos. Foi obtido por meio de dados de sensoriamento remoto e levantamentos topográficos em campo,



possuindo intervalo hipsométrico de 1,0 m. Estas informações serviram de base para os mapas de declividade e Shalstab.

O mapa de susceptibilidade de escorregamento do solo (Figura 3) foi desenvolvido utilizando a metodologia Shalstab, que combina um modelo hidrológico com o modelo de estabilidade do talude infinito, definindo um padrão de equilíbrio baseado na saturação do solo e sua analogia com a área de contribuição a montante e com a transmissividade do solo (DIETRICH et al, 1998).

O mapa de uso do solo, em detalhe na Figura 4, foi desenvolvido a partir das imagens de satélite Sentinel-2 obtidas no site oficial da Agência Espacial Européia, e classificação supervisionada das categorias por meio do programa QGis®. Foi realizada a divisão geométrica das áreas classificadas como mata (vegetação alta), pasto (vegetação rasteira) e área edificada. Não foram encontradas áreas de solo exposto e cultivo na faixa de domínio. No mapa de localização dos imóveis (Figura 5), dentro da área classificada como área edificada, realizou-se a contagem dos imóveis encontrados dentro da faixa de domínio por meio do das imagens de satélite obtidas anteriormente.

Figura 1 – Detalhamento ferrovia declividade

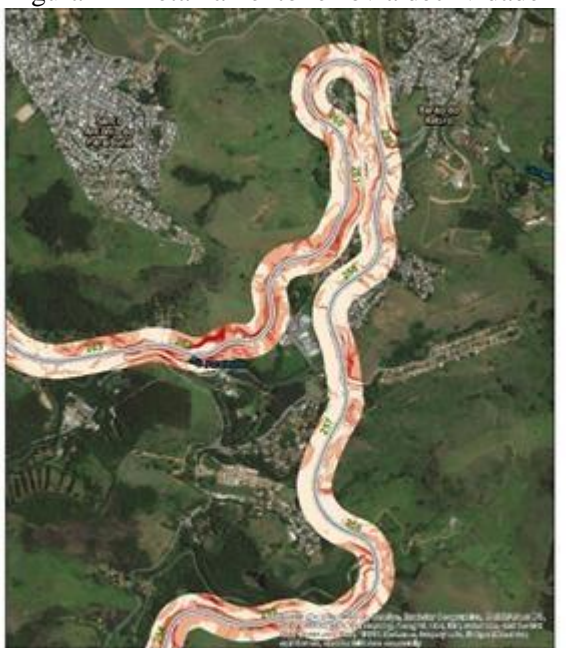


Figura 2 – Detalhamento ferrovia altimetria





Figura 3- Detalhamento ferrovia susceptibilidade à escorregamento do solo

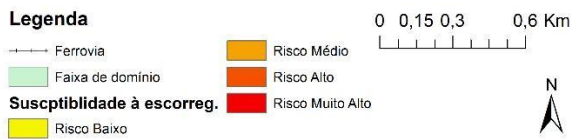
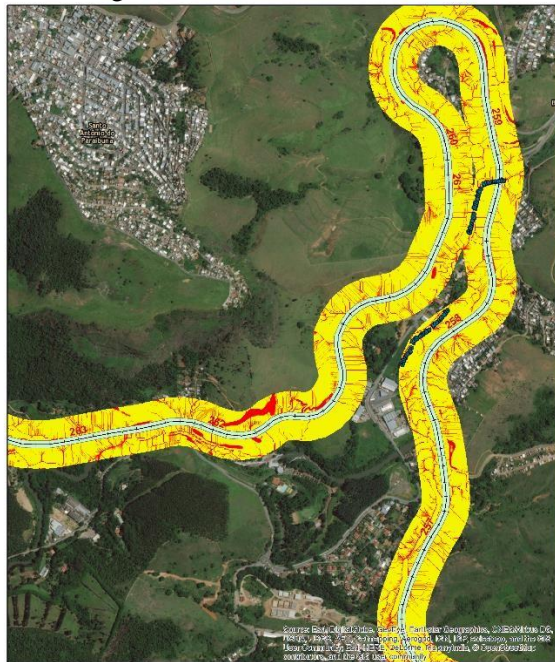
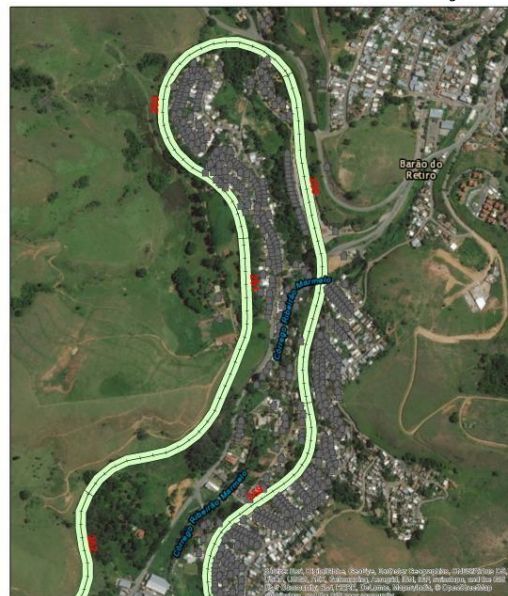


Figura 4- Detalhamento ferrovia uso do solo



Figura 5 - Detalhamento ferrovia localização imóveis



Organização



Promoção



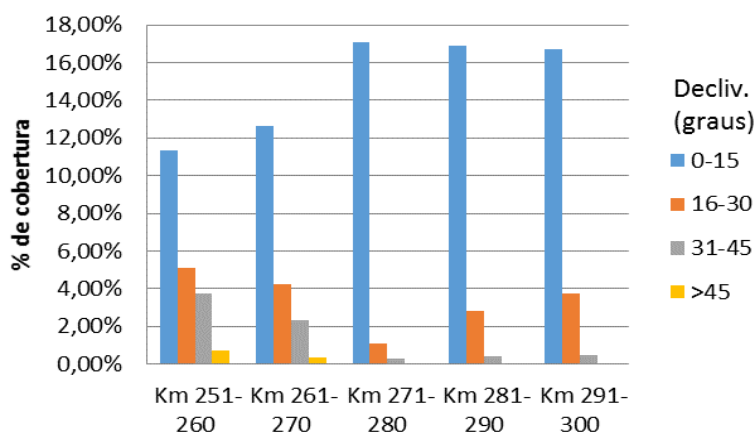


O trecho estudado foi dividido de forma particular para cada parâmetro pesquisado de modo a tornar os resultados mais claros e relevantes.

Declividade

A declividade de um terreno é classificada de acordo com seu grau de inclinação sendo um terreno com até 15° de inclinação um terreno de plano a suavemente ondulado; até 30° forte ondulado; até 45° muito forte ondulado e acima de 45° o terreno é considerado montanhoso. Os 50 km da ferrovia foram divididos de 10 em 10 km e por meio do mapa de declividade gerado foi feita a análise desse terreno, conforme mostrado no Gráfico 1.

Gráfico 1- Declividade da faixa de domínio

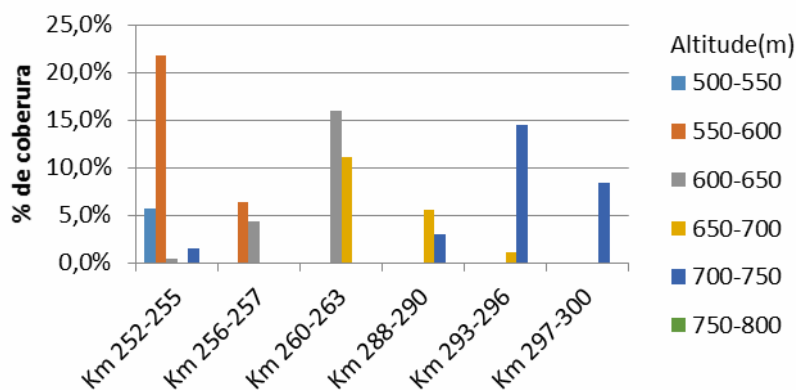


Por meio do Gráfico 1 pode-se perceber que o terreno analisado é em sua maior parte plano (0 a 15°) a suavemente ondulado (16° a 30°) e possui pequenas porcentagens de área montanhosa (maior que 31°) apenas em duas faixas (Km: 251 a 260 e 261 a 270).

Altimetria

No Gráfico 2, a equidistância vertical encontra-se agrupada em 50,0 m para facilitar a visualização da distribuição altimétrica na faixa de domínio da ferrovia na cidade de Juiz de Fora. Os quilômetros foram divididos de 10 em 10 km.

Gráfico 2- Altimetria da faixa de domínio



A classificação da altimetria será realizada considerando altitude baixa para valores de

Organização



Promoção





500 a 600 m, média para 600 a 700 m e alta acima de 700 m.

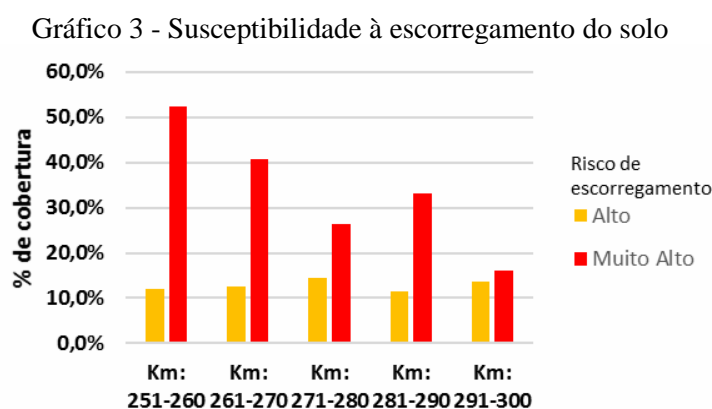
A partir do Gráfico 2 observa-se que a altitude varia de 500 a 800m ao longo dos quilômetros 252 a 300 representando uma declividade média de 0,6%, sendo compatível com a utilização ferroviária.

Susceptibilidade à escorregamento do solo (Shalstab)

A metodologia Shalstab classifica um terreno quanto ao seu risco de escorregamento de solo em risco baixo, risco médio, risco alto e risco muito alto.

Para o presente trabalho é mais interessante analisar apenas as áreas com risco alto e muito alto, por isso o gráfico foi gerado somente para essas duas classificações.

Os 50,0 km da ferrovia também foram divididos nesse caso de 10 em 10 km, como mostrado no Gráfico 3.



Por meio do Gráfico 3 é possível verificar que os quilômetros 251 a 270 possuem mais de 40% da área da faixa de domínio com susceptibilidades a escorregamento podendo levar a interrupções do tráfego ferroviário reafirmando a necessidade de políticas públicas de proibição da ocupação de edificações na referida faixa. Esse trecho corresponde aos bairros Retiro, Santo Antônio e adjacências, onde notoriamente ocorrem expressivos atendimentos de ocorrências de escorregamento de solo. Os quilômetros 281 a 290 encontram-se na transição entre o perímetro urbano e a zona rural, porém com significante ocupação.

5.4. Uso do solo

A classificação do uso do solo, como descrito em mapas desenvolvidos, foi feita com base no tipo de vegetação encontrada na faixa de domínio, sendo a vegetação rasteira classificada como pasto e a vegetação alta como mata. O restante da área foi classificado como área edificada.

A divisão de quilômetros foi feita de modo a fornecer dados relevantes, focando assim nos quilômetros que possuem uma grande parte de área edificada (Gráfico 4).

O Gráfico 4 mostra que a faixa de domínio em toda a sua extensão no município de Juiz de Fora encontra-se fortemente ocupada por edificações sendo algumas delas distantes alguns centímetros da projeção da composição ferroviária.

Organização

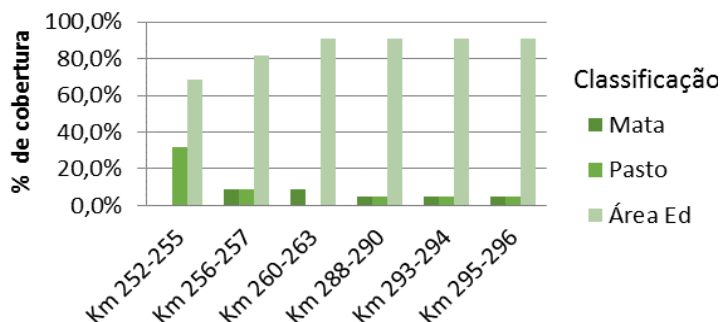


Promoção





Gráfico 4- Uso do solo na faixa de domínio

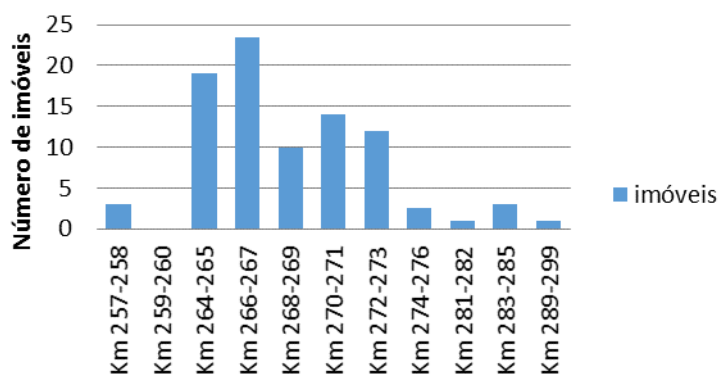


5.5 Localização dos Imóveis

Conforme descrito anteriormente foram marcados os imóveis encontrados dentro da faixa de domínio de 30,0 m por meio do uso de imagens aéreas.

A divisão dos quilômetros foi feita de modo a fornecer dados relevantes, por isso quilômetros sem nenhum imóvel dentro da faixa de domínio não foram considerados (Gráfico 5).

Gráfico 5- Contagem dos imóveis



Com o Gráfico 5 percebe-se que os quilômetros 264 a 273, na área urbana, já possuem várias edificações de uso residencial e comercial, ocupando a faixa de domínio (Figura 6).

Figura 6 – Edificação comercial existente na faixa de domínio próximo a via Tereza Cristina, B. Mariano Procópio.



Organização



Promoção





5. CONCLUSÕES

Os parâmetros declividade, altimetria e susceptibilidade a escorregamento do solo trazem informações físicas da área delimitada pela faixa de domínio da ferrovia em Juiz de Fora – MG. Sendo assim, por meio dos mapas gerados é possível concluir que a ferrovia e sua faixa de domínio estão em solo predominantemente suavemente ondulado com declividade ente 0 e 15 graus, de altitude média, pois a maioria da área edificada está entre 650 e 700 m.

Ainda, é possível inferir que, apesar da maioria das áreas serem áreas de baixo risco de susceptibilidade ao escorregamento do solo, existem lugares com alto risco, sendo necessário estar atento a essas áreas, pois, segundo o mapa de uso do solo, há edificações próximas a elas.

A utilização da faixa de domínio não está respeitando, em sua maioria, a área definida por lei como não edificável, pois é possível observar existência de edificações comerciais e residenciais em área *non aedificandi*.

Conforme os Gráficos 1 e 3, nota-se que os quilômetros que possuem maior porcentagem de área montanhosa (Km 251 a Km 260) são também os quilômetros com o maior índice de alto risco de escorregamento, o que é de se esperar face a influência da declividade neste tipo de sinistro geotécnico. Os quilômetros com maior número de edificações (conforme o Gráfico 5, Km 264 a Km 267) estão na segunda faixa de quilômetros com maior risco de escorregamento na cidade (de acordo com o Gráfico 3, essa área possui 40% de sua cobertura sob muito alto risco e cerca de 10% sob alto risco).

Conclui-se através desse trabalho de Extensão, que as políticas públicas do poder de polícia administrativa não estão sendo efetivas ao longo dos anos para coibirem as ocupações e não somente por um atendimento legal de não ocupação, mas por serem áreas com possibilidade de escorregamento podendo contribuir para agravar esta instabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAZZO, Walter Antônio; PEREIRA, Luiz Teixeira do Vale. Introdução à Engenharia. In: Pesquisa Tecnológica, Florianópolis: Ed da UFSC. p.[87]-90.

BIFFI, L. JARENKOW, G. FRANCHINI, R. VIEIRA R. NETO S. CORDEIRO, M. Comparação de modelos digitais de elevação de SRTM e ASTER com modelo de elevação de grande escala da cidade de Lages – SC. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antônio Miguel; MEDEIROS José Simeão de (ED). Introdução à ciência da geoinformação. São José dos Campos, INPE, 2004.

CHAVES, G. PIMENTEL, R. MELO, R. FARIAS J. Faixa de domínio e sua relação com a redução de vibrações produzidas por trens de superfície em áreas urbanas. TRANSPORTES, v. XVII n. 1, p. 39-45, junho 2009.

DIETRICH W, MONTGOMERY D. R. SHALSTAB: a digital terrain model for mapping shallow landslide potential. National Council of the Paper Industry for Air and Stream Improvement (NCASI) Technical Report: 26 p., 1998.

FINGER, Anna Eliza. UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA Um século de estradas de ferro:

Organização



Promoção





arquiteturas das ferrovias no Brasil entre 1852 e 1957, 2013. 466 p. Tese (Doutorado).

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Juiz de Fora, Folha Topográfica. Rio de Janeiro, IBGE, 1 mapa, color, 60cm x 74,5cm. Escala 1:50.000. 1969.

KOHLER, R. SPECHT, L. BRONZATI, G. Ruído causado pelo transporte ferroviário em um segmento urbano: estudo do caso da cidade de Ijuí-RS. Teoria e Prática na Engenharia Civil, n.19, p.13-23, Maio, 2012. Jorge Xavier.

LILLESAND, T.M. and KIEFER, R.W. Remote sensing and image interpretation, 3rd Ed., John Wiley and Sons, Inc.: Toronto. 1994.

MRS LOGÍSTICA. **Quem somos**. Disponível em: <<https://www.mrs.com.br/empresa/quem-somos/>>. Acesso em: 27 abr 2017.

MOITA, F. ANDRADE, F. Ensino- pesquisa- extensão: um exercício de indissociabilidade na pós- graduação. Revista Brasileira de Educação v. 14 n. 41 maio/ago. 2009

SCHEIDEMANTE, S. E.; KLEIN, R.; TEIXEIRA, L. I. A Importância da Extensão Universitária: o Projeto Construir. Anais do 2º Congresso Brasileiro de Extensão Universitária Belo Horizonte – 12 a 15 de setembro de 2004

SILVA, Jorge Xavier da; Z Aidan, Ricardo Tavares. Geoprocessamento & Meio Ambiente. Ed Bertrand Brasil LTDA, 2011. 328p.

ANALYSIS OF THE FIELD OF DOMAIN OF A RAILROAD LOCATED IN THE CITY OF JUIZ DE FORA-MG

Abstract: *This work presents a research carried out by a Research and Extension of Civil Engineering project detailing how an area belonging to a domain track of a railroad segment of MRS Logística is being used, located in the city of Juiz de Fora - Minas Gerais (MG). This area must be undeveloped, it is used for railway structures and for future expansions. The study includes an analysis of a 15-meter strip counted from the railroad's axis, in a total of 50 miles of iron mesh that pass through the entire urban center. From maps and images are interpreted information regarding the following parameters: slope, altimetry, slipping risk area using Shalstab methodology, land use and real estate location.*

Key-words: *Research, Railroad, Domain band*

Organização



Promoção

