



AEAMESP



METODOLOGIA DE CADASTRO FERROVIÁRIO POR FILMAGEM EM 360°

Marcelo Franco Porto

Nilson Tadeu Ramos Nunes

Elter Luís Ribeiro

Luis Carlos de Jesus Miranda



AEAMESP



20ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Tecnologias de implantação, operação e manutenção de sistemas de transporte

Metodologia de Cadastro Ferroviário por Filmagem em 360°

HISTÓRICO

As ferrovias chegaram ao Brasil ainda no período Imperial. O Governo Imperial consubstanciou na Lei n.º 101, de 31 de outubro de 1835, a concessão, com privilégio pelo prazo de 40 anos, às empresas que se propusessem a construir estradas de ferro, interligando o Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Bahia. O incentivo não despertou o interesse desejado, pois as perspectivas de lucro não foram consideradas suficientes para atrair investimentos [2]. Uma lei especial, de 1852, que estabelecia a garantia de juros sobre o capital investido na construção de ferrovias, além de outras vantagens é que possibilitou alavancar a construção das primeiras estradas de ferro no Brasil.



AEAMESP



Irineu Evangelista de Souza, (1813-1889), o Barão de Mauá, é o responsável pelos primeiros trilhos lançados em terra brasileira e a primeira locomotiva, a “Baronesa”. A primeira seção, de 14,5 km de extensão e bitola de 1,68m, foi inaugurada por D. Pedro II no dia 30 de abril de 1854. É importante destacar que, até a chegada das ferrovias no Brasil, o transporte terrestre de mercadorias se processava no lombo dos burros em estradas, com 100 mil sacas de café embarcadas nos portos fluminenses [3].

As ferrovias desenvolveram-se em um bom ritmo, em 1888 o país contava com 9.200 km de ferrovias construídas e mais 9000 km em construção ou em estudo. O processo se intensificou no início do século XX e entre os anos de 1905 e 1915 foram construídos mais de dez mil km de ferrovias [3]. Em 1922, a malha ferroviária brasileira já atingia, após experimentar o seu período de maior crescimento, 29.000 km de extensão, dimensões muito semelhantes às atuais.

Apesar do empreendedorismo Imperial, cabe aqui ressaltar que a política de construção de ferrovias durante o Império e o início da República deixou também marcas negativas que podem ser sentidas até os dias de hoje. Dentre estas, podemos destacar alguns equívocos que tornaram as ferrovias brasileiras ineficientes e que limitaram seu pleno desenvolvimento no País. Possivelmente, o mais emblemático seja a grande diversidade de bitolas que constitui um empecilho à integração operacional entre as ferrovias nos dias atuais. Os traçados extremamente sinuosos somados a esta enorme variedade de bitolas iniciais (bitolas de 70 cm até as maiores com 1,68m) é extremamente prejudicial à velocidade de operação e à capacidade de carga [4], além disto, obrigava à realização de operações de transbordo, tanto de carga como de passageiros, quando se fazia a conexão entre ramais de diferentes bitolas. Outra importante marca negativa é o fato de que as estradas de ferro foram implantadas no país como redes regionais dispersas e isoladas [3]. Isto, além de impedir uma

integração do Brasil por ferrovias, implicava em desconfortáveis e onerosas operações de transbordo quando havia a necessidade de integração entre ramais com bitolas diferentes.

Após este auge vivido até 1920, o transporte ferroviário no Brasil começou a declinar recebendo cada vez menos investimentos, até chegar ao completo sucateamento da rede de ferrovias do país a partir dos anos 50 e 60 em prol do desenvolvimento das rodovias, culminando com a extinção da RFFSA – Rede Ferroviária Federal S/A em 1999 após privatização das suas linhas. A malha privatizada foi entregue a concessionárias privadas. A Figura 1 mostra o mapa atual da malha ferroviária brasileira, mostrando para as linhas férreas existentes a respectiva concessionária, bem como as linhas atualmente em construção ou com sua implantação planejadas para o futuro.

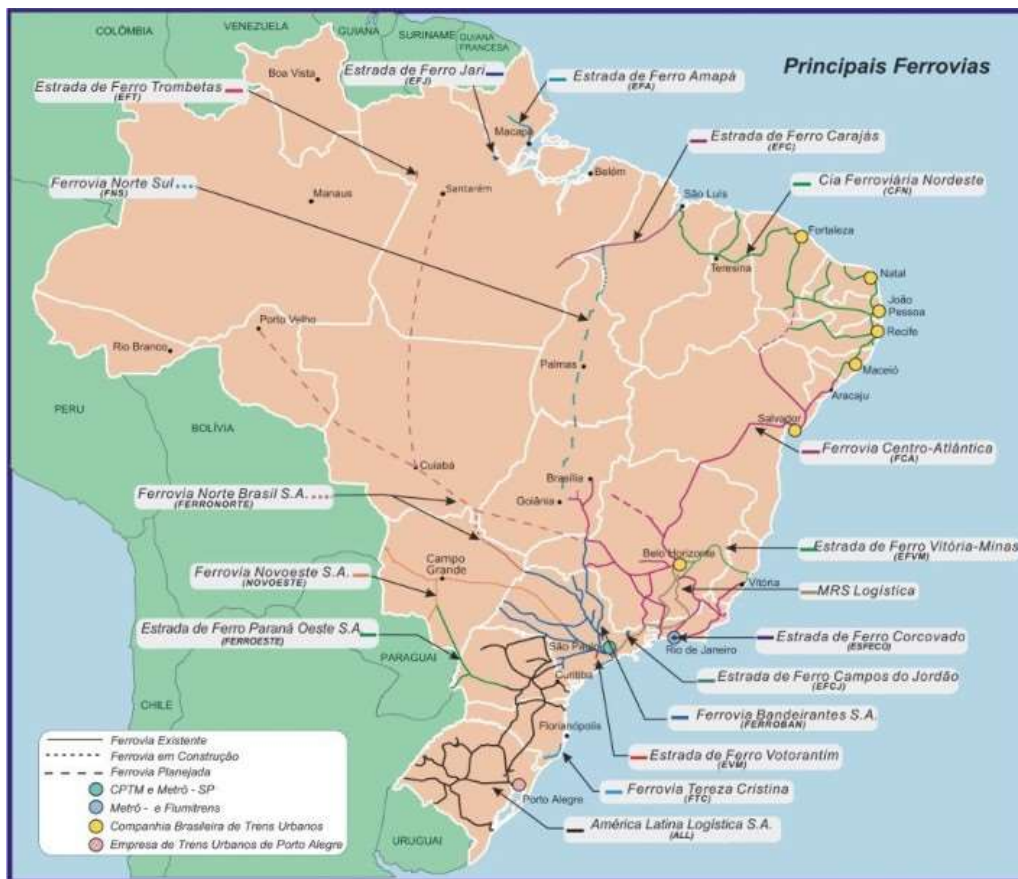


Figura 1 – Mapa atual da malha ferroviária brasileira.

Fonte: BRASIL-MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES [15]



AEAMESP



Ao assumirem as linhas, as concessionárias abandonaram quase que na totalidade o transporte de passageiros e investiram em melhorias apenas nas vias em que o transporte de cargas fosse lucrativo, abandonando os demais trechos de elevada importância econômica e histórica para as comunidades a quem serviam, como no caso da ferrovia ligando Belo Horizonte a Ouro Preto [2] que não está operacional e em boa parte de sua extensão, já não existe mais a superestrutura da via.

Em Minas Gerais, as linhas privatizadas ficaram a cargo de duas concessionárias, a FCA e a EFVM subsidiárias da Cia Vale do Rio Doce que assumiu as linhas de bitola estreita, como a Ferrovia Vitória Minas, ligação com o Espírito Santo, linha que é estratégica para o escoamento de minério de ferro. Esta linha é uma das únicas do país e a única no estado a manter uma viagem regular para o transporte de passageiros, ligando Belo Horizonte às cidades do Vale do Aço, Vale do Rio Doce e a Vitória no Espírito Santo. A FCA é a Concessionária responsável pela linha ligando o Centro-Oeste Mineiro a Belo Horizonte e ao Norte do Estado.

A MRS Logística é a outra concessionária, responsável pelas ferrovias em bitola larga no Estado. Das linhas da MRS é importante destacar as que passam pela RMBH como a linha que vem de Juiz de Fora até BH, a linha vinda de São João Del Rei que chega a Belo Horizonte passando pelas cidades de Brumadinho e Ibirité passando pelo Barreiro, uma das regiões mais povoadas da capital.

Após este longo período sem investimentos maciços do setor público, o panorama atual sinaliza, através de algumas mudanças na linha governamental de investimentos, para uma recuperação e uma nova fase de expansão das ferrovias no país. Somando investimentos públicos e privados, o programa governamental denominado PAC-Ferrovias (Programa de Aceleração do Crescimento) prevê a recuperação da malha existente e a construção de dez mil km novos de ferrovias em um prazo de 25 anos, de acordo com o Ministério dos Transportes. Este valor é semelhante ao que foi construído em um período de dez anos no início do século XX, mas mostra uma inflexão na política



AEAMESP



de transporte governamental. Entre as obras do PAC Ferrovias estão a construção da Nova Transnordestina que interliga o interior do Nordeste aos portos de PECEM (CE) e SUAPE (PE), a Ferrovia de Integração Oeste-Leste (FIOL) que ligará a Ferrovia Norte-Sul ao porto de Ilhéus (BA), a ampliação da própria Ferrovia Norte-Sul, a Ferrovia de Integração Centro-Oeste – FICO, entre outras, conforme mostrado na Figura 1.

O programa prevê também a implantação de um Trem de Alta Velocidade – TAV ligando as cidades do Rio de Janeiro a São Paulo, Campinas a Belo Horizonte, São Paulo a Curitiba e Campinas ao Triângulo Mineiro. Há ainda investimentos dentro do Ministério das Cidades relacionados às obras do PAC de Mobilidade Urbana em várias cidades brasileiras, como Recife, Fortaleza, Rio de Janeiro, Salvador, entre outras, que contemplam o transporte sobre trilhos com vários investimentos em obras de todas as tecnologias sobre trilhos disponíveis: Metrô, VLT ou Monotrilhos.

O TRANSPORTE NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE

A Região Metropolitana de Belo Horizonte – RMBH foi criada em 1973 pelo regime militar com 14 municípios. Após a Constituição de 1988, passou a ser dos estados a competência de estabelecer regiões metropolitanas e a RMBH sofreu a partir de então várias inclusões que não obedeceram a nenhuma regra clara, não há um critério urbanístico ou econômico bem definido que justifique várias das inclusões realizadas [5]. Hoje, com 34 municípios e uma população total de 5.414.701 habitantes, de acordo com o Censo 2010 do IBGE [6], a Região Metropolitana de Belo Horizonte – RMBH (Figura 2) é a terceira maior do país tanto em população como no desenvolvimento econômico. Quase a metade da população encontra-se em Belo Horizonte, com 2.375.151 habitantes, os municípios mais populosos são exatamente, exceção feita ao município de Betim (378.089 hab.), os limítrofes a Belo



AEAMESP



viários, cuja capacidade já se encontra esgotada, estrangulados com inúmeros gargalos urbanos. Somando-se a isto, a existência de cidades dormitórios como os casos de Ribeirão das Neves ou Santa Luzia onde a população necessita ir a Belo Horizonte todos os dias para trabalhar ou estudar retornando ao final do dia, além de um passivo imenso de déficit de investimentos em infraestrutura de transporte.

Estes problemas, aliados ao intenso crescimento econômico e melhoria da renda da população nas últimas décadas, tem despejado um número cada vez maior de veículos nas ruas das cidades da RMBH, criando lentidão e congestionamentos, alimentando o fenômeno conhecido como retroalimentação positiva [7], onde o aumento no número de automóveis diminui a eficiência do transporte coletivo fazendo com que este perca usuários, que migram para o automóvel que, por sua vez, irá criar mais lentidão e congestionamentos. Enquanto a população de Belo Horizonte cresceu a uma taxa de 0,94% ao ano, a frota de veículos tem crescido a uma taxa de 5,22% [8] fazendo com que, de acordo com o Censo 2010, Belo Horizonte tenha uma taxa de motorização em 2010 de 564 veículos para cada mil habitantes.

Outra dificuldade na questão da mobilidade urbana é o gerenciamento do trânsito e do transporte que não é metropolitano. As três maiores cidades, Belo Horizonte Contagem e Betim possuem empresas municipais que são as responsáveis por essa administração, cabendo ao Estado apenas a gestão das linhas intermunicipais de transporte de passageiros e das rodovias estaduais. Os sistemas municipais de transporte por ônibus não são integrados entre si ou às linhas metropolitanas. Em Belo Horizonte, os ônibus possuem uma integração dentro do sistema municipal através do sistema de bilhetagem eletrônica, em que o usuário tem direito a um desconto de 50% na segunda passagem em um período de até uma hora. As linhas metropolitanas e municipais de BH e Contagem possuem integração tarifária com o metrô.

Segundo estudos do IPTRANS de mobilidade urbana publicados pela Prefeitura de Belo Horizonte [5], a população da RMBH depende majoritariamente dos modos de transporte a pé e por ônibus superando juntos, 70% dos deslocamentos das pessoas com renda inferior a três salários mínimos. Devido aos problemas anteriormente relatados, à crise financeira durante a década de 1990 e o crescimento do transporte clandestino que concorre principalmente com as linhas intermunicipais, o transporte coletivo na RMBH vem sistematicamente perdendo passageiros ao longo dos últimos anos. Só no sistema municipal de Belo Horizonte, o número de passageiros transportados por mês caiu de 46 milhões em 1996 para 35 milhões em 2006 [5].

Para corrigir a distorção do quadro atual e construção de um cenário futuro em que o transporte garanta mobilidade e acessibilidade em toda RMBH, é urgente a necessidade de um planejamento metropolitano e multimodal de transportes. O objetivo deve ser o de garantir uma mobilidade urbana sustentável traduzida como um conjunto de políticas de transportes e de circulação que priorizem modos não motorizados e coletivos de transporte, de forma efetiva, que não gere segregações espaciais, que seja socialmente inclusiva e ecologicamente sustentável (Ministério das Cidades) [8].

O PDDI – Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado elaborado pelo Governo do Estado em conjunto com universidades e a sociedade civil aponta as diretrizes para o transporte na Região Metropolitana (re)colocando o transporte ferroviário de passageiros como uma condição estratégica para a solução de problemas de mobilidade e melhoria da acessibilidade a toda a população:

“(...) As condições de acessibilidade só serão ampliadas com a dinamização da integração territorial e fortalecimento da estrutura metropolitana em rede. Nesse contexto, se reconhece, cada vez mais, a premência de um sistema ferroviário que (re)estruture todo o sistema de transporte de passageiros, atualmente restrito ao transporte de cargas. As

ferrovias devem ainda reforçar a integração com outras cidades pólo de Minas Gerais e do País.” (PDDI 2011, Vol II - pág. 285) [9]

Desta maneira, está definido um novo paradigma em transportes na RMBH e torna-se imperativo o desenvolvimento de projetos que visem o reaproveitamento e readequação da malha ferroviária existente na RMBH, reestabelecendo sobre os trilhos desta malha o transporte de passageiros abandonado muito tempo atrás.

O PROJETO TREM DA AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO RMBH

O Projeto TREM (Transporte sobre Trilhos na Região Metropolitana de Belo Horizonte) foi desenvolvido pelo Governo de Minas por meio da Secretaria de Gestão Metropolitana e da Agência de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte (ARMBH), é decorrente de um planejamento maior do Governo de Minas – o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado (PDDI) [9] da RMBH, apresentado à sociedade em 2011. Consiste em aproveitar os ramais ferroviários para o transporte de passageiros e atender diretamente cerca de 30 municípios da RMBH e entorno, numa extensão total de 505 quilômetros.

Para a verificação da viabilidade, a Agência firmou uma parceria com a UFMG, através do Departamento de Engenharia de Transportes e Geotecnia, onde ficaria a cargo da Universidade um levantamento completo das condições operacionais de toda a malha ferroviária em um raio de 150 km do centro de Belo Horizonte. Inclui também algumas extensões de linhas além desse raio, como os trechos até Curvelo e Juiz de Fora. O estudo realizado pela Escola de Engenharia através da equipe do NUCLETRANS – Núcleo de Transportes do Departamento de Engenharia de Transportes e Geotecnia – ETG da Escola de Engenharia da UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais, teve como objetivos



AEAMESP



gerais, caracterizar a situação atual e analisar o uso da malha ferroviária da RMBH e arredores para transporte metropolitano e regional de passageiros para criar uma rede metropolitana de transporte sobre trilhos mais integrada e abrangente.

O projeto teve também os seguintes objetivos específicos:

Mapeamento em formato GIS do sistema ferroviário da RMBH e da área de influência direta do projeto;

- Avaliação das condições físico-operacionais da infraestrutura e da superestrutura ferroviária existente;
- Identificação e avaliação dos leitos ferroviários que possuem potencial para o transporte ferroviário de passageiros, incluindo trechos que não são utilizados para o transporte de carga;
- Caracterização das respectivas faixas de domínio e seu entorno imediato (identificando problemas de invasão e/ou de obstrução da faixa);
- Identificação das condições atuais das principais passagens de nível existentes nos municípios diretamente afetados pela linha ferroviária, com avaliação das condições de conforto e de segurança do tráfego afetado.

Para organizar melhor os dados coletados e facilitar sua análise, a rede está distribuída em três lotes:

O Lote 1 é caracterizado pela malha que liga as cidades de Sete Lagoas a Divinópolis (atualmente operacional até a entrada de Sete Lagoas). É importante registrar que o trecho urbano de Sete Lagoas, após a construção de um desvio que contorna a cidade, foi desativado e transformado em avenida. Esse lote está sob concessão da FCA.



AEAMESP



O Lote 2 é composto pela malha que interliga o município de Alberto Flores ao bairro Barreiro em Belo Horizonte (operacional), incluindo o ramal de Águas Claras em Nova Lima (trecho não operacional). A maior parte desse lote está sob concessão da MRS.

O Lote 3 é composto pela malha que interliga os municípios de Conselheiro Lafaiete a Joaquim Murтинho (operacional) e de Joaquim Murтинho a Miguel Burnier (operacional). Neste ponto tem início os trechos não operacionais: a leste para Ouro Preto e ao norte para Sabará. De Sabará a linha segue na direção leste para Santa Bárbara, com trecho operacional apenas até próximo de Barão de Cocais. Também a partir de Sabará, a noroeste, a linha segue para Belo Horizonte até General Carneiro (não operacional). O trecho de General Carneiro ao Horto é operacional e está descrito no Lote 1.

Os trechos, contemplados no documento ora apresentado, foram divididos da seguinte forma:

Estação Eldorado (BH) - Divinópolis (FCA)

Trecho Estação Eldorado – Betim

Trecho Betim – Itaúna

Trecho Betim - Vianópolis

Trecho Vianópolis – Juatuba

Trecho Juatuba – Mateus Leme

Trecho Mateus Leme – Azurita

Trecho Azurita - Itaúna

Trecho Itaúna – Divinópolis

Estação Eldorado (BH) - Sete Lagoas (FCA)

Eldorado – Prudente de Moraes



AEAMESP



Prudente de Moraes – Sete Lagoas

Trecho desativado de Sete Lagoas

Trechos da concessionária MRS:

Barreiro a Ibité

Alberto Flores – Brumadinho – Barreiro

Alberto Flores - Estação Pedra do Sino

Estação Pedra do Sino - Juiz de Fora

Jeceaba – São João Del Rey

Ibité – Tod

Joaquim Murtinho - Miguel Burnier

Joaquim Murtinho - Caetano Lopes

Trechos Não Operacionais:

General Carneiro - Miguel Burnier - Ouro Preto

General Carneiro - Sabará

Sabará- Pompéu



AEAMESP



EQUIPAMENTOS E MÉTODOS

O levantamento de campo foi realizado através de inspeção de imagens utilizando equipamentos que geram imagens em 360°, com resolução adequada para análise das mesmas. Nos trechos Betim – Divinópolis (FCA), Betim – Prudente de Moraes (FCA), Prudente de Moraes – Curvelo (FCA), Jeceaba – São João del-Rei (MRS), Alberto Flores – Brumadinho – Barreiro (MRS), Ibitité – Tod (MRS), Juiz de Fora – Pedra do Sino (MRS) foi utilizado equipamento de imageamento em 360°, com registro de georreferência a partir de dados GPS e armazenado de apontador em banco de dados espacial (PostGis).

Para cadastro dos eventos detectados nas imagens, foi desenvolvido um sistema computacional que permite ao usuário realizar o cadastro dos eventos, definidos no sistema de banco de dados e detectados nas imagens, caracterizá-los e descrevê-los com dados alfa-numéricos, os quais estão ligados aos respectivos quadros de imagem do filme onde estão localizados. O sistema armazena e gerencia o link dessas informações com as imagens no banco de dados. Esse sistema desenvolvido permite também que seja realizada a extração automática de relatórios dos eventos por trecho, gerando relatórios com dados, imagens e mapa de localização.

De forma complementar, foram realizadas filmagens e fotos em alta-resolução. Este material, por suas características, não será georreferenciado, mas armazenado de forma sequencial junto aos dados dos trechos para eventual consulta. Os equipamentos de imagem utilizados foram: câmera de visão esférica Lady Bug (6 câmeras) da Point Grey Research, filmadora Sony Full HD e câmera Sony de alta resolução com sistema de GPS integrado.

TRABALHO DE CAMPO

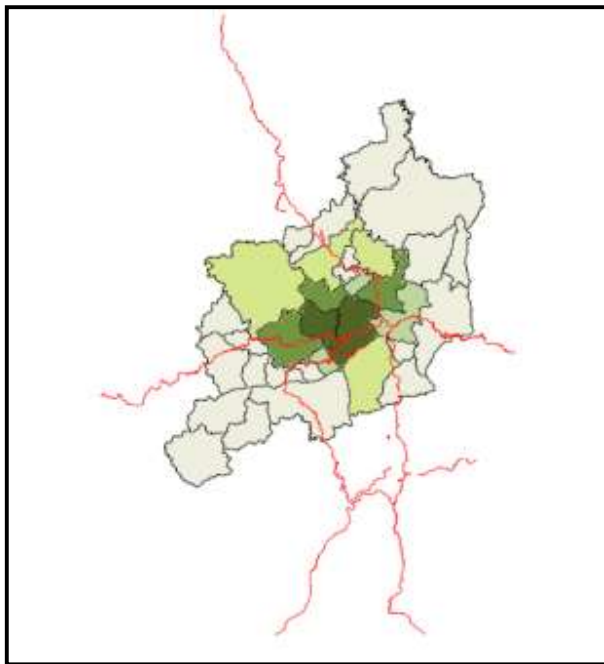
A Figura 3 ilustra os trabalhos de campo realizados com o equipamento acima descrito: montagem do sistema de visão esférica em veículo, coleta de imagem em campo, câmera montada em auto de linha da FCA, técnico operando equipamento de visão esférica, visão interna do auto de linha, visão interna do auto de linha: câmera de visão esférica e trilhos.



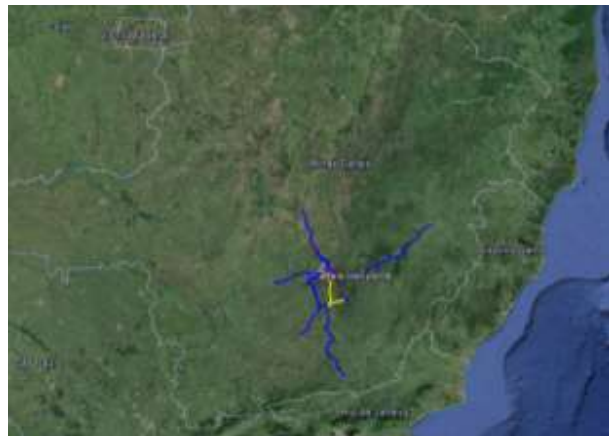
Figura 3 – Sistema de câmeras 360° instalado em auto de linha

Fonte: Equipe Nucletrans – UFMG

As equipes percorreram os trechos ferroviários (Figura 4) com o objetivo de levantar as condições operacionais das vias e seus entornos com o auxílio dos equipamentos relacionados no item anterior.



(a)



(b)

Figura 4 – A RMBH e malha ferroviária percorrida (a) e o planejado (b)

Fonte: Equipe ETG - UFMG.

A inspeção e coleta de imagens nas vias foi feita durante intervalos de tempo disponibilizados pelas concessionárias para os trechos operacionais, onde foram feitas as filmagens em 360° georreferenciadas. Para os trechos não operacionais, as imagens foram coletadas em câmera fotográfica full HD levadas pelos pesquisadores que percorreram os trechos de automóvel ou motocicleta. Estas referidas imagens foram cadastradas de forma criteriosa e tiveram como objetivo principal quantificar e qualificar os principais eventos: erosões, quedas de barreiras, vandalismo, canibalismo da superestrutura, invasão da faixa de domínio, anomalias em OAE e OAC dentre outras.

A forma inovadora de avaliação por imagem permitiu um novo método de avaliação para que engenheiros ferroviários possam realizar as análises sem ter que ir presencialmente a campo para participar dos trabalhos da equipe de cadastro, entendendo que o conhecimento da via permanente é importante para uma boa análise das imagens.



AEAMESP



A grande diferença não se limita à filmagem, mas também ao que diz respeito à materialização da realidade de campo, a qual, de forma criteriosa, permite rever as imagens do trecho quantas vezes forem necessárias, de modo a proporcionar ao engenheiro ferroviário o máximo de informações pertinentes das imagens coletadas. Os comentários relativos a um determinado evento são descritos uma única vez. Assim, caso o evento venha a se repetir nos demais trechos filmados, a despeito da necessidade de correção, não haverá duplicidade de comentário.

Para os trechos não operacionais, conforme descrito antes, em função da dificuldade de acesso às linhas, as quais se encontram fora de operação, os trechos Sabará – Barão de Cocais, Miguel Burnier – Ouro Preto, Miguel Burnier – General Carneiro, bem como os ramais nos municípios de Matozinhos, Sete Lagoas e Prudente de Moraes tiveram uma solução diferente para levantamento por imagens. Já os trechos da alça interna de Sete Lagoas e do Ramal de Águas Claras em Nova Lima, apesar de não operacionais, foram cadastrados pelo sistema de imagens de 360°.

O levantamento de eventos foi realizado através da marcação do caminho no Google Earth, através do lançamento de uma poligonal no provável eixo da extinta via. Em seguida, os técnicos foram a campo, de moto ou a pé, para analisar as condições no local e capturar imagens georreferenciadas dos eventos, de acordo com tabela definida no sistema do Banco de Dados, para posterior caracterização no laboratório do Nucletrans. Foi necessário o desenvolvimento de um novo sistema computacional para permitir o cadastro desse tipo de informação no Banco de Dados.

Para cadastro de elementos de interesse, foram desenvolvidos aplicativos (Figura 5) utilizando a base de imagens da Point Grey Research do sistema de visão esférica georreferenciada. Dessa forma, cada elemento de interesse está armazenado em um banco de dados contendo informação de trecho, Latitude, Longitude (ou outro sistema de projeção, caso necessário), frame, tipo de ponto de interesse

e descrição (se for o caso). O banco de dados de armazenamento final dos dados alfanuméricos é o open source PostgreSQL com PostGIS.

O ambiente de tratamento e conversão de dados geográficos é o Civil 3D que permite a manipulação de dados de projetos geométricos, manipulação de imagens georreferenciadas e, no módulo interno MAP, a manipulação de dados de diferentes fontes de dados, análise e eventuais conversões de sistemas de projeção de formatos. apresenta a tela do módulo de visualização para a análise e o cadastramento dos pontos notáveis.

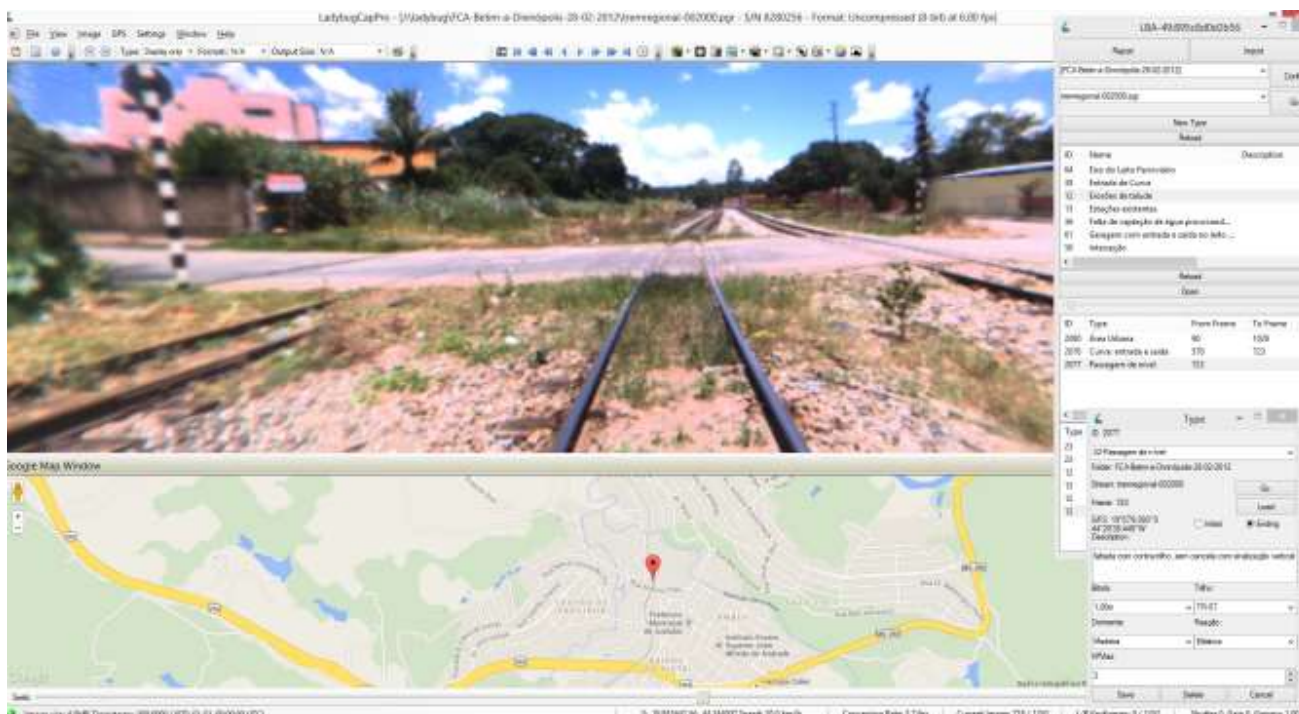


Figura 5 – Passagem de nível identificada, cadastrada e caracterizada no sistema desenvolvido

Fonte: Equipe Nucletrans – UFMG

Toda a informação gerada está disponível no site www.tremregional.etg.ufmg.br (Figura 6) onde se pode encontrar e visualizar os vídeos 360° gerados nos trechos, o banco de dados PostGre/PostGIS em sua última versão e também podem ser gerados arquivos Shape (.shp) e Google

Earth (.Kml), os quais são gerados diretamente do banco de dados por outro sistema computacional desenvolvido e integrado ao site.

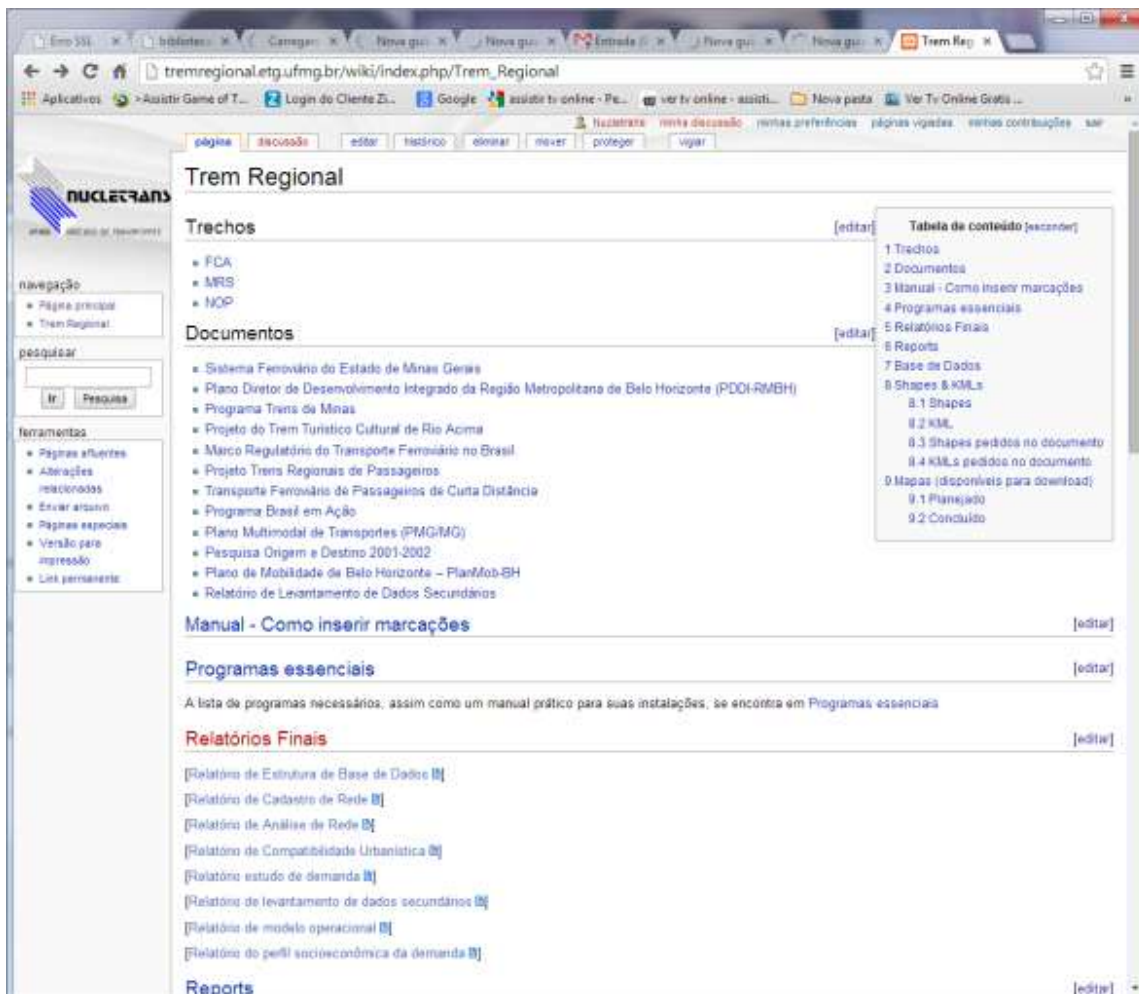


Figura 6 – Tela inicial do site do projeto Trem Regional, integrado ao sistema.

Fonte: Equipe Nucletrans – UFMG



AEAMESP



RESULTADOS

Nas inspeções executadas foram identificados dois tipos de bitola de via, a bitola métrica (1000 mm) e a bitola larga (1600 mm), além de alguns trechos operando com bitola mista, bitolas utilizadas nas ferrovias brasileiras, especialmente no transporte de carga (BRINA 1988) [12]. Isto se torna um impeditivo para a circulação, pois o fato de não se ter veículos capazes de mudar da bitola métrica para larga e vice-versa provoca a necessidade de baldeação de passageiros em estações limítrofes entre bitolas.

A fixação da via, ou seja, a forma pela qual os trilhos são presos aos dormentes de madeira ou de material reciclável (padrões encontrados na inspeção) foi um dos aspectos observados, confoem Figura 7. Foram observados dois tipos de fixação: a elástica (grampos de fixação) e a rígida (pregos e tirefonds diretos no trilho).

Os defeitos de geometria no que tange ao alinhamento e nivelamento da via foi um dos pontos de maior percepção, outro ponto que chamou a atenção dos pesquisadores foi o desgaste verificado no boleto dos trilhos. De um modo geral, é aceito como limite de desgaste uma perda de até 25% da área do boleto (BRINA 1988) [13].

Em função dos parâmetros observados pode-se concluir que a filmagem foi criteriosa e proporcionou os subsídios necessários para ampliar o conhecimento dos avaliadores. As dificuldades encontradas e os limites de exploração das informações aumentaram o senso crítico e a capacidade da equipe de explorar as informações para a geração de relatórios de excelência.

Os resultados da inspeção das imagens mostraram problemas de vários tipos, em geral recorrentes em todos os trechos. Para simplificar a análise, os trechos foram separados de acordo com

a concessionária e os relatórios gerados segundo essa classificação. Foram organizados em FCA, MRS e trechos não operacionais (NOP).

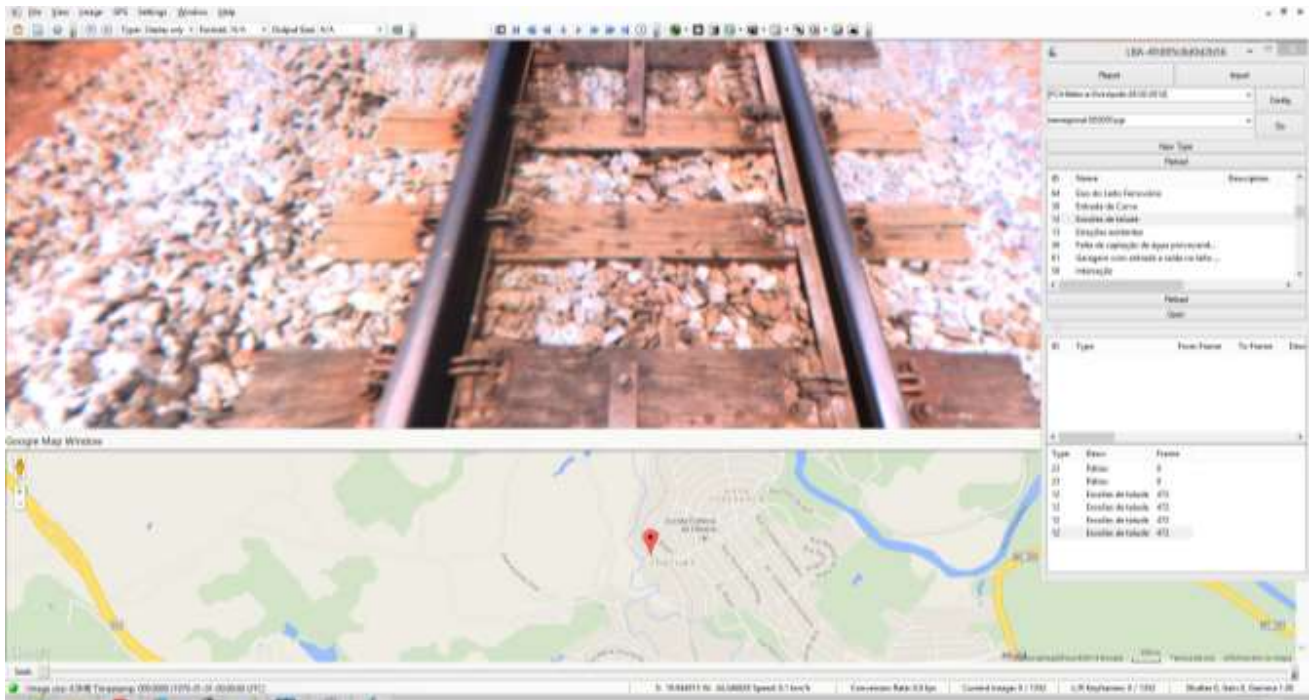


Figura 7 – Imagem do trilho e fixação em análise no sistema desenvolvido

Fonte: Equipe Nucletrans – UFMG

A rede sob concessão da FCA compreende as ligações Divinópolis – Estação Eldorado e Estação Eldorado – Sete Lagoas. Os trechos de via férrea operam com bitola métrica (estrita) ou mista, possuem fixação elástica e dormentes de madeira. Os aparelhos de mudança de via (AMV) operam com acionamento por aparelho de manobra com chave de mola ou simplesmente manuais. A lubrificação da via é executada por lubrificadores mecânicos enterrados ou por funcionários com bastão ao longo das curvas. As passagens de nível (PN) em área urbana têm pavimento asfáltico e sinalização vertical. Onde há transposição com tráfego de maior vulto, faz-se necessária a adoção de cancela e de guarita para o agente de trânsito. Foram encontrados trilhos do tipo TR-57 e TR-68. Em



AEAMESP



toda a faixa de domínio urbana verificou-se a existência de passagens de nível clandestinas para transposição de pedestres e em alguns pontos invasão da faixa de domínio.

A via férrea sob concessão da MRS abrange a parte sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte, interligando-a a São João Del Rei e Juiz de Fora. A via apresenta uma criteriosa qualidade de manutenção no que concerne a conservação das características geométricas da via e do controle de desgaste de trilhos através da lubrificação de boleto dos trilhos, interno e externo. A via apresenta bitola larga, embora em pequenos trechos ela opere em bitola mista, fixação elástica, pontos isolados de erosão de talude. Verifica-se também em alguns trechos o comprometimento do gabarito de circulação das composições ferroviárias. Nesses referidos pontos há colmatação do lastro. Os AMV's necessitam de intervenções e controle de desgaste das cotas de salvaguarda, com correção. Foram identificados pontos com invasão do leito ferroviário, dormentes de madeira podre, erosão de via férrea, lixo proveniente de comunidades lindeiras e desgaste de trilhos. Passagens de nível em área urbana em pavimento asfáltico com sinalização vertical. Nos locais onde há transposição com tráfego de maior vulto existe a necessidade de instalação de cancela e guarita com agente de trânsito e em algumas localidades sinalização horizontal nas PN's. O trecho urbano da linha interligando Conselheiro Lafaiete e Juiz de Fora opera com grande incidência de veículos atravessando a via férrea.

Os demais trechos não operacionais estão degradados em função de vandalismo e da ação do tempo, uma vez que não apresenta, há anos, qualquer tipo de manutenção, seja preventiva ou corretiva. O principal trecho não operacional, interliga os municípios de Sabará e Ouro Preto. Registra-se a ocorrência de desaparecimento de materiais de superestrutura ferroviária, a ocupação do leito ferroviário pela comunidade, bem como a transformação do leito ferroviário em estradas vicinais. Nesse contexto, entende-se ser necessária a reconstrução e remodelagem total do traçado atual,



AEAMESP



possibilitando a melhoria dos raios de curvas, a adequação do projeto geométrico e a recuperação dos sistemas de drenagem, de encostas e das obras de arte.

ANÁLISE

A vantagem importante deste projeto é a possibilidade de se fazer toda a inspeção da via sem a presença in loco do engenheiro ferroviário. Para os trechos em que foi possível a realização das filmagens em 360º, a análise pode ser feita a partir da visualização das filmagens feitas em campo.

Os resultados obtidos através dos equipamentos e métodos propostos mostraram os problemas a serem corrigidos e as necessidades e características das vias avaliadas. Foi possível verificar que é possível a implantação do tráfego de trens de passageiros sobre a via.

Contudo, cabe aqui destacar algumas características importantes. O traçado nas vias da FCA apresenta curvas de raio próximo ao mínimo, o que dificulta a evolução do tráfego em relação à velocidade. Essa característica acarreta defeitos prematuros na superestrutura ferroviária, requerendo, da operadora, a definição de um criterioso plano de manutenção que inclua manutenções preventivas e manutenções corretivas, de forma a proporcionar ajustes e correções das características geométricas de alinhamento e de nivelamento, além de ações de socaria e de regularização para conformidade do lastro.

No caso da superestrutura das vias em operação da MRS e FCA, as anomalias encontradas estão concentradas em defeitos de alinhamento e de nivelamento na via corrida e AMV, correção de bitola, substituição de dormentes de madeira podres, desgaste acentuado de trilhos, lastro fora da conformidade. No caso da infraestrutura, as anomalias referem-se à erosão de talude, sistema de drenagem superficial comprometido, lixo nos trechos de via férrea situados em áreas urbanas e

invasão do leito ferroviário. Por ser uma vistoria dinâmica, os pilares e apoios das pontes, pontilhões e viadutos não puderam ser inspecionados.

O sistema operacional tem muitos entraves para liberação da frota, o que pode causar atrasos e cancelamentos de atividades. Para o transporte de passageiros, sugere-se a implantação de uma via independente da utilizada para carga, com autonomia de circulação e manobras, bem como a construção de desvios em todas as estações implantadas, proporcionando à operação, rotas auxiliares para manobras em casos de avarias do material rodante.

Nos trechos não operacionais será necessário refazer o estudo de traçado objetivando melhoria do projeto geométrico. Devido ao estado de degradação, tanto da infraestrutura quanto da superestrutura inspecionadas, entende-se que será necessária a reconstrução nestes trechos de todo o sistema.

É importante destacar a importância e do método adotado para gerar um banco de dados com informações georreferenciadas de toda a extensão do trecho, permitindo a emissão de relatórios concernentes a qualquer tipo de ocorrência nas vias, com os eventos detectados georreferenciados. Os resultados obtidos se mostraram coerentes e assertivos quanto ao cadastro da rede avaliada e foram utilizados pela Agência de Desenvolvimento da RMBH para determinar a viabilidade da implantação do transporte de passageiros sobre trilhos. A partir disto, a Agência elaborou propostas de PPP's (Parcerias Público-Privadas) em que os trechos já foram colocados em leilão para a PMI – Proposta de Manifestação de Interesse [14].

Para que o engenheiro ferroviário obtenha êxito ao executar a manutenção de um determinado trecho da via este precisa conhecer intimamente as anomalias recorrentes. Através de um banco de dados com datas, descrição dos eventos, solução empregada baseado em normas,



AEAMESP



homem hora gasto, materiais empregados e outros. Tem-se a engenharia de manutenção com os planos de manutenção que melhor se adequa àquele trecho. Com a utilização periódica das imagens pode-se verificar a evolução e a periodicidade dos eventos cadastrados e propor sugestões para intervenção preditiva, preventiva e/ou corretiva programada.

CONCLUSÃO

O Brasil começa a viver um novo paradigma na área de transportes, enquanto em todos os países industrializados o transporte de passageiros sobre trilhos desempenha importante papel tanto internamente aos centros urbanos como fazendo a ligação entre os demais centros, aqui vivemos uma retomada após anos de abandono. Com uma matriz de transportes baseada unicamente em veículos motorizados sobre pneus, com a frota de automóveis crescendo num ritmo muito maior do que a população, as cidades brasileiras vivem uma crise imensa no que tange a mobilidade, cuja solução aponta invariavelmente para projetos que adotem o transporte sobre trilhos como solução para o transporte público de passageiros.

Nesse contexto, há de se ressaltar que a Região Metropolitana de Belo Horizonte paga um alto preço por não contar com um sistema de transporte de alta capacidade para atender seus mais de cinco milhões de habitantes. O desenvolvimento da região foi caracterizado por uma concentração espacial de atividades e equipamentos criou uma assimetria de condições de uso e acesso ao espaço urbano que desfavorece principalmente as camadas de menor renda. O PDDI-RMBH [10] prevê que o desenvolvimento do sistema de transportes com a participação do modo ferroviário é imprescindível para garantir uma ligação entre as centralidades da RMBH, existentes e propostas, em uma rede para compatibilizar a infraestrutura aos parâmetros de uso de solo que se pretende.



AEAMESP



Com a escassez de recursos para implantação de modernos sistemas de transportes, uma alternativa muito eficiente passa a ser o aproveitamento da estrutura existente da extensa malha ferroviária ligando vários dos municípios da RMBH e cidades no entorno.

Este projeto tem a importância de contribuir simplificando enormemente o processo de avaliação e cadastro de trechos ferroviários existentes apresentando uma nova metodologia e equipamentos para a coleta de dados. Ele é capaz de facilitar o processo de coleta de dados, montar um banco de dados georreferenciado com todos os eventos e ocorrências de um trecho ferroviário.

Com a realização de filmagens georreferenciadas de todo o trecho em 360º é possível fazer a análise das condições do trecho em laboratório, ou seja, visita a campo pode ser realizada em um prazo mais curto, uma gama bem maior de detalhes pode ser registrada. O engenheiro ferroviário pode concentrar esforços em outras atividades como as entrevistas com os responsáveis pela manutenção da via ou inspecionar equipamentos e instalações diversas. Além disto, reduz-se enormemente o índice de retrabalho uma vez que, feitas as filmagens, qualquer conferência pode ser realizada apenas recorrendo-se a elas não sendo necessário retornar ao local.

Os resultados obtidos, por fim, mostraram a validade da metodologia utilizada neste projeto. Foi possível, ao final das análises, apresentar um relatório com o cadastro de toda a malha ferroviária estudada, indicando suas características, defeitos e necessidades de correções. Este relatório indicava ser tecnicamente viável a implantação de um transporte de passageiros sobre trilhos na RMBH utilizando a malha ferroviária existente.

Para o futuro, é interessante que se proceda a um aprimoramento do sistema como a acoplagem de sensores capazes de efetuar medições de alguns dos elementos da linha, como a distância entre os boletos dos trilhos, seu nivelamento, o alinhamento, o desgaste sofrido, etc.,



AEAMESP



determinando assim, sua geometria. Isto poderia ser obtido através de sensores a laser ou o sistema de câmera esférica poderia reconhecer automaticamente os elementos na linha e tirar sua geometria 3D a partir de imagens em estéreo.

REFERÊNCIAS

- [1] PAC FERROVIAS, Ministério dos Transportes - Disponível em <http://www2.transportes.gov.br/bit/03-ferro/pac-ferro.html> - Consultado em 02/06/2013.
- [2] TELLES, P. C. S. História da Engenharia Ferroviária no Brasil – Rio de Janeiro, RJ: Ed. Notícia & Cia; 2011
- [3] BRASILEIRO, A. *et al.* Transportes no Brasil: história e reflexões/coordenação de O. Lima Neto – Brasileira, DF: Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes/GEIPOT; Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2001.
- [4] VUCHIC, Vukan R., Urban Transit: Systems and Technology. John Willey & Sons, Inc. New Jersey. USA. 2007.
- [5] CALDAS, Maria F., MENDONÇA Jupira G. de, CARMO, Lélío N. do. Estudos Urbanos 2008: Transformações Recentes na Estrutura Urbana – Belo Horizonte, Prefeitura de Belo Horizonte, 2008. Capítulo 7 - Mobilidade Urbana, pág. 319-372.
- [6] IBGE: Censo 2010. Sinopse do Senso Demográfico 2010. Disponível em www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/sinopse/sinopse_tab_rm_zip.shtm. Visitado em 23/09/2013.
- [7] JACOBS, Jane. Vida e Morte nas Grandes Cidades. Ed. Martins Fontes. São Paulo, SP. 2000.

- [8] IBGE: Censo 2010. Frota de Veículos em Belo Horizonte. Disponível em <
<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/temas.php?codmun=310620&idtema=69&search=minas-gerais|belo-horizonte|frota-2010>>. Visitado em 23/09/2013.
- [9] MINISTÉRIO DAS CIDADES. Gestão Integrada da Mobilidade Urbana. Curso de Capacitação – Caderno 1. 2006. Disponível em <www.abcp.org.br/solucoesparacidades/arquivos/01/40%20-%20Gestao%20Integrada%20mobilidade%20urbana_MCidades.pdf>
- [10] PDDI-RMBH – Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Belo Horizonte. Minas Gerais, Governo de Minas Gerais. 2011. Volume II.
- [11] PLAMOB – Caderno de Referência para Elaboração de um Plano de Mobilidade Urbana. Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana. Ministério das Cidades. 2007.
- [12] BRINA, Helvécio L. Estradas de Ferro Volume I, Capítulo 2, pag. 7. Editora UFMG. Belo Horizonte – MG. 1988.
- [13] BRINA, Helvécio L. Estradas de Ferro Volumes I, Capítulo 11. Editora UFMG. Belo Horizonte – MG. 1988.
- [14] MINAS GERAIS. Secretaria de Gestão Metropolitana – SEGEM Notícias. Disponível em www.metropolitana.mg.gov.br. (Visitado em 05/10/2013).
- [15] BRASIL. Ministério dos Transportes. Mapa ferroviário do Brasil. Disponível em <http://www.transportes.gov.br/index/conteudo/id/550>