

Received:
July 09, 2021

Accepted:
September 11, 2021

Published:
October 29, 2021

Exploring culverts and bridges of the old railway sub-track between Diamantina and Monjolos - To know to protect

Frank Alison de Carvalho¹ , Paulo Marinho de Oliveira² 

¹ Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Diamantina, Brasil.

² Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG), Diamantina, Brasil.

Email address

frank.carvalho@ict.ufvjm.edu.br (Frank A. Carvalho) – Corresponding author.

paulo.oliveira@ifnmg.edu.br (Paulo M. Oliveira)

Abstract

This article is the result of the Specialization Course in Geoprocessing of IFNMG, dealing with data survey of hydraulic structures of the old railway sub-track Diamantina to Monjolos, Minas Gerais, opened in May 1914, comprising 92.5km, with activities ended in 1973. Nowadays it is sought out by walkers and cyclists, and for contemplation of nature, presenting tourist potential. After the closing of the railway activities, its bridges and culverts have accumulated degradation processes over the years, due to lack of maintenance or even by natural or anthropic action. Understanding that to preserve it is necessary to know, through geotechnological principles, we proceeded to collect information in the field of these structures during 8 (eight) days between the end of 2020 and beginning of 2021, we elaborated the respective georeferenced database, adopted SRTM image for the generation of information about the local surface water network and generated thematic maps and tables about the collected and elaborated information. As an example of verification of hydraulic functioning, one of the ogival culverts was detailed, with dimensions collected in the field and respective hydrological and hydraulic studies based on the previously mentioned actions. The database generated was made available to the project Trilha Verde da Maria Fumaça, in the process of creating the management council of the sub-track, which was passed on to the City Halls of Diamantina and Gouveia, with the aim of triggering the attention of the competent bodies, in order to maintain the stretch in usable conditions for present and future generations.

Keywords: Water, Railroad, Culvert, Geoprocessing, Maria Fumaça Green Trail.

1. Introdução

Com uma extensão de 147,516 km, projeto do Engenheiro Civil Emíle Armand Henri Schnoor (1855 a 1923), em maio de 1914 foi inaugurado o Ramal Ferroviário entre Corinto e Diamantina. Partia-se de uma altitude de 607,571m na cidade de Corinto, no quilômetro 852+206, indo até a altitude 1262,315m, no quilômetro 999+108, já em Diamantina (Moreira e Araujo, 2017). A quilometragem aqui identificada tem como marco zero a Estação Central do Brasil, na cidade do Rio de Janeiro, anteriormente denominada Estação Dom Pedro II.

Segundo Vasconcelos (1947), este ramal compreendia estação ferroviária do Brasil com o maior ponto de altitude, referindo-se à estação

ferroviária do Guinda à 1400m. As estações que compreendiam o trecho além das já citadas eram: Roça do Brejo, Santo Hipólito, Limoeiro de Diamantina, Monjolos, Rodeador, Conselheiro Mata e Barão de Guaicuí (Gouveia/MG) (Figura 01). Cita ainda esse ramal como um dos mais interessantes pela região inconfundível e traçado classificado como heroico transpondo gargantas e tangendo precipícios.

Observa-se ainda pelas descrições de Vasconcelos (1947) as diversas interseções da via férrea com os recursos hídricos superficiais, citando-se: a travessia do Rio Pardo Pequeno, a inclusão do trecho na bacia do pitoresco Rio das Varas, as vertentes do Rio Pardo Grande, a formosa cachoeira dos Olhos-d'água, a ponte de 31,40m (metros) de comprimento sobre o Rio Pardo

Pequeno no quilômetro 964,608, a ponte do Córrego Tamanduá no quilômetro 970,045 de 10,40m, a ponte do Córrego do Bexiga no km 970,045 de

15,35m e a ponte sobre o Rio Baraúna de 15,35m de comprimento.

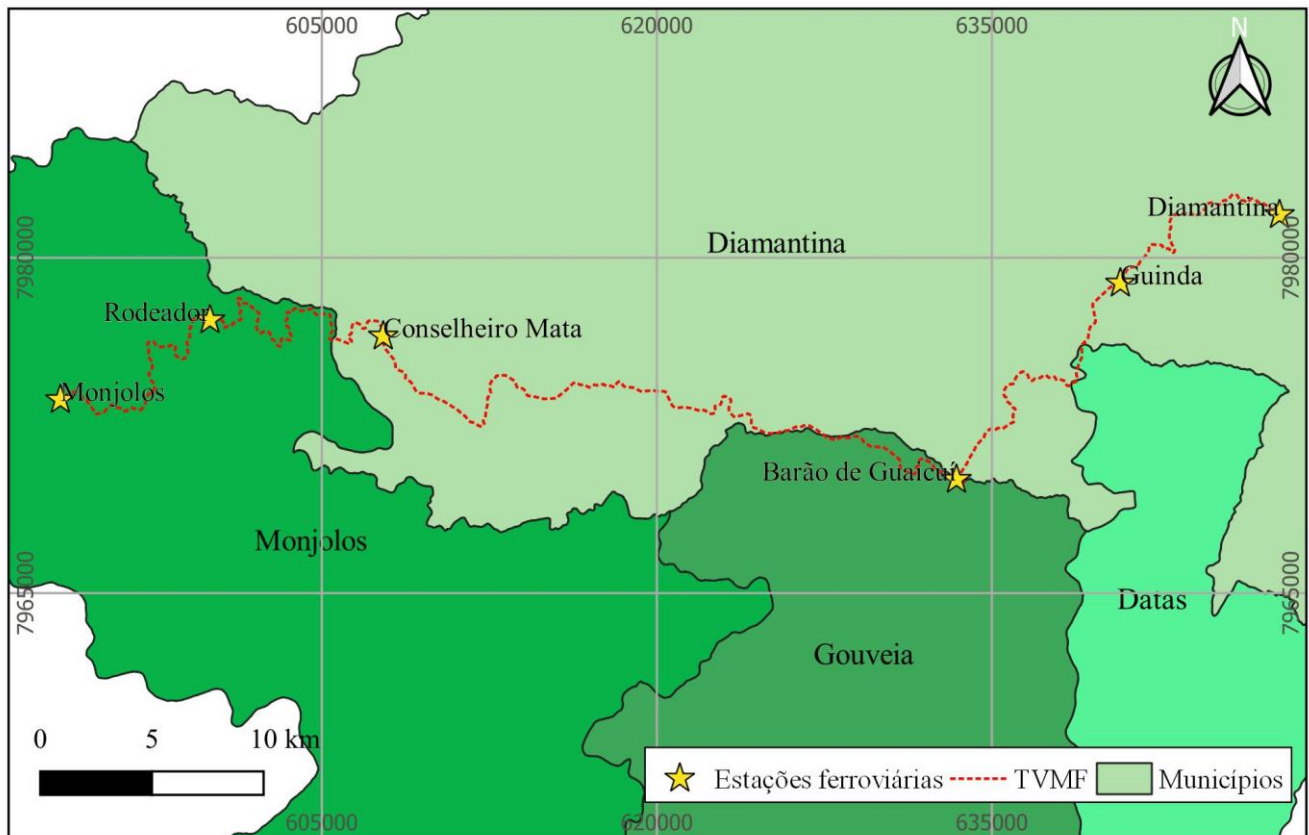


Figura 1 – Recorte de base cartográfica no programa computacional QGIS com indicação do trecho da Trilha Verde da Maria Fumaça (TVMF) entre Diamantina e Monjolos e as estações ferroviárias ao longo do sub-trecho. Fonte: Dados georreferenciados para delimitações dos municípios oriundos do IBGE (2020).

O trecho passou por administração da Central do Brasil e da Rede Ferroviária Federal S.A. Entre 1960 e 1973 o ramal apresentou gradativa redução do tráfego tanto para o transporte de carga como de passageiros, vindo a suspender suas atividades em 1973, sendo que a partir desta data se observou a sequência de degradação do trecho. Bens imóveis e móveis passaram a pertencer à União (Moreira e Araújo, 2017).

No início do ano 2000 a ONG (Organização não Governamental) Caminhos da Serra juntamente com grupo de moradores da região se mobilizaram para se evitar a maior perda deste patrimônio, buscando formas para o melhor aproveitamento do mesmo, em especial quanto ao potencial turístico em suas diversas modalidades. O encontro resultou na proposta da criação da Trilha Verde Maria Fumaça (TVMF), que posteriormente seria direcionada pelo Conselho Consultivo e Propositivo da Trilha Verde da Maria Fumaça, denominado de CONTRILHA, que compreenderia o limite entre Diamantina e Monjolos, em um percurso de

92,52km (quilômetros). Através deste movimento foram realizadas incursões neste sub-trecho no intuito de proceder levantamentos de condições desta via para o uso de caminhantes e ciclistas, tendo resultado em relatórios (Moreira e Araújo, 2017).

As condições físicas do antigo ramal ferroviário, em seu sub-trecho de Diamantina a Monjolos, foram detalhadas inicialmente em relatório elaborado por Araújo (2010), no qual constam dentre as inconformidades as ocorrências de processos erosivos, que em uma melhor análise pode-se observar como de origem de ações hídricas. Consta ainda neste relatório informes sobre intervenções por terceiros nos sistemas de drenagem ainda existentes na via, com ênfase aos de transposição de talwegues, classificados como pontes ou bueiros de grota, vindo em muitos pontos proporcionando o seu tamponamento, o que força a mudança de direção de águas fluviais ou pluviais.

Quanto aos dispositivos de transposição de cursos d'água, o Manual de Outorgas do IGAM

(2018) informa que as travessias são estruturas, geralmente denominadas de pontes ou bueiros, que permitem a passagem de uma margem à outra de um curso de água de pessoas, de animais, de veículos, de tubulações de água, de gás, de combustível, ou ainda de cabos e condutos de energia elétrica, dentre outros. Para a construção e operação destas travessias se faz necessário o cálculo hidrológico e hidráulico, que definem suas dimensões e demais características, proporcionando a passagem de águas de forma segura, evitando-se impactos nas margens dos cursos d'água, dentre eles o de desenvolvimento de processo erosivo pela movimentação de massas de água.

Após cálculos, as estruturas hidráulicas (bueiros e pontes) são implantadas conforme especificações de projeto, e assim, devem permanecer desde que atendam as demandas ao longo da sua vida útil.

Conforme supramencionado, tem se observado a constante intervenção em bueiros e pontes do antigo sub-trecho ferroviário entre Diamantina e Monjolos, que apesar de desativado para a sua função principal (transporte ferroviário), à época da construção, necessita da permanência de operacionalização do sistema, a fim de manter-se a passagem das águas de uma margem à outra do leito estradal, em pontos diversos ao longo do caminho.

A principal questão que se apresenta e que dá fundamentação a esse artigo são as atuais condições do sistema de travessia/drenagem de grota deste sub-trecho de antigo ramal ferroviário. Com o tempo, os dispositivos de drenagem sofreram degradação natural, e pós desativação do ramal ferroviário, as manutenções são mínimas e as intervenções, ditas como negativas por terceiros, proporcionam a mudança de direção de águas fluviais e pluviais, que munidas de forças, ocasionam o desenvolvimento de processos erosivos ao longo da via, e em alguns casos, a perda de estrutura de transposição pelo seu mau funcionamento.

Faz-se necessária a informação sobre os investimentos nas constantes realizações de manutenções, e em alguns casos até mesmo a substituição de bueiros, quando do período de implantação e operacionalização do sub-trecho, conforme se observa em textos denominados Relatórios da Diretoria da Companhia E. F. de Vitória a Minas (1910, 1911, 1917, 1918), objetivando o devido funcionamento das estruturas, visto que também registravam em tais documentos

as ocorrências de períodos com intensas precipitações de chuvas, que necessitavam de bueiros e pontes compatíveis para a passagem de águas de forma segura.

Entende-se que, caso os dispositivos de drenagem não sofram intervenções para manutenção corretiva e preventiva, tende-se a potencializar os seguintes inconvenientes: desenvolvimento de processo erosivo; alteração de leito de curso d'água; desestruturação de elementos de contenção de solo do sistema de drenagem; perda irreversível de estruturas hidráulicas instaladas desde a década de 1910 e conjuntamente o potencial histórico; desvalorização de terrenos; impossibilidade de tráfego de veículos de tração mecânica, animal e humana; dificuldade ou mesmo geração de impossibilidade de tráfego por pedestres e ciclistas; impossibilidade de desenvolvimento de atividades turísticas e esportivas e desmotivação de interessados em manutenção do trecho ferroviário.

No entanto, para se propor ações de manutenções em tais estruturas, faz-se necessário o reconhecimento do problema de forma geral e pontualmente, visto que os dispositivos de transposição se diferem uns dos outros em materiais e metodologias construtivas, e ainda, em dimensões, baseando especialmente nas características das bacias de drenagem de montante, tendo como ponto de referência exultórico aquele de contato do curso d'água com o leito estradal ferroviário.

Assim, propôs-se neste trabalho o levantamento das estruturas de transposição de cursos d'água do sub-trecho do antigo ramal ferroviário entre Diamantina e Monjolos, compreendendo 92,5Km, através de incursões in loco, criando-se banco de dados georreferenciados e gerando-se mapas temáticos com capacidade de identificar a localização de cada bueiro e ponte ao longo do traçado, proporcionando informações necessárias aos atuais gestores da via para que possam propor intervenções, a fim de manterem a via em condições para os seus usos diversos. Consta ainda o levantamento de informações sobre as principais bacias hidrográficas ao longo do antigo ramal, e ainda, a realização de análise hidrológica e hidráulica de uma das estruturas de transposição, em caráter exemplificativo sobre a sua operacionalização em função das dimensões correlacionadas com as características da bacia hidrográfica de montante, podendo a metodologia ser aplicada às demais estruturas e bacias hidrográficas.

O desenvolvimento deste artigo proporcionou ainda a prática da formação teórica do curso de Especialização em Geoprocessamento do IFNMG Campus Diamantina, em busca do atendimento do objetivo principal do curso, que é de qualificar recursos humanos na área de tecnologia da informação com destaque para o ensino de geoprocessamento, bem como capacitar profissionais no conhecimento e uso de técnicas de geoprocessamento e suas aplicações nas diversas áreas que utilizem essa ferramenta (IFNMG, 2019).

2. Metodologia

Conforme descrição do resumo gráfico na Figura (2), para o desenvolvimento dos trabalhos que subsidiaram a elaboração deste artigo, subdividiu-se as ações em nove etapas, desde a pesquisa bibliográfica à análise de dados e elaboração de discussões e conclusões. Estas nove etapas encontram-se classificadas no resumo gráfico em pesquisas e análises no escritório, levantamento em campo e ações com maior foco em geotecnologias.

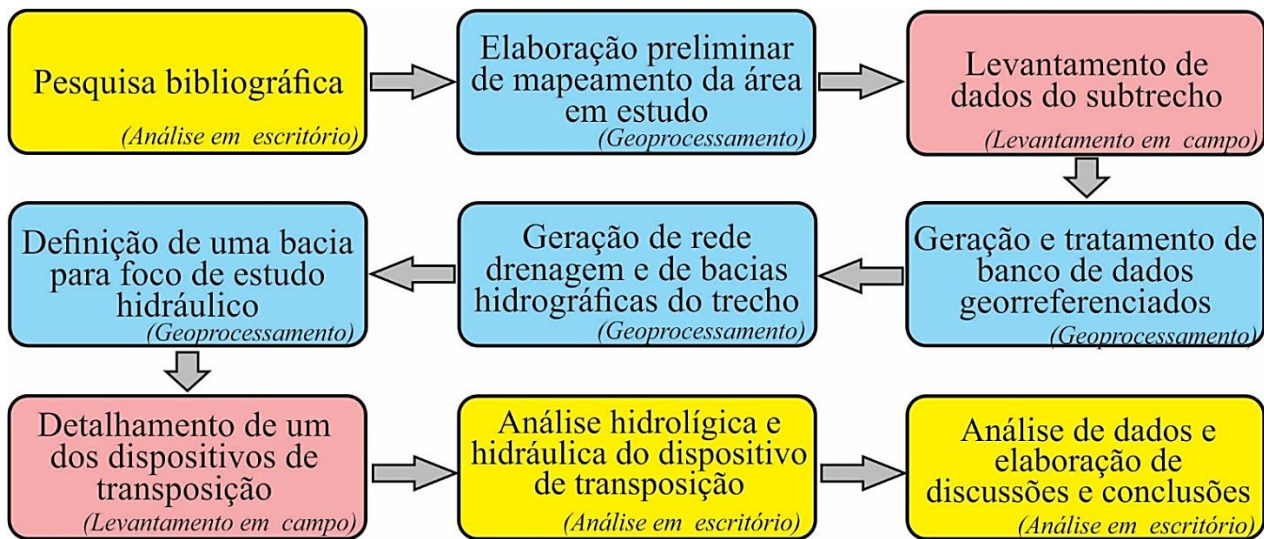


Figura 2 – Resumo gráfico das ações propostas para o trabalho.

2.1. Pesquisa bibliográfica e mapeamentos preliminares

As ações iniciaram com a busca de literatura física e digital que tratassem do antigo trecho ferroviário entre Corinto e Diamantina para posterior foco em seu sub-ramal Monjolos a Diamantina. As pesquisas em base digital se deram pela plataforma de busca Google da Internet, tendo como expressões principais de buscas: ramal ferroviário, Corinto, Diamantina, Trilha Verde da Maria Fumaça, dispositivos de drenagem de ferrovias, bueiros, pontes e processos construtivos ferroviários.

Procedeu-se contato com o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), a Secretaria de Coordenação e Governança do Patrimônio da União (SPU), o Museu da Ferrovia do Espírito Santo e representantes da Trilha Verde Maria Fumaça (TVMF – Gouveia, Minas Gerais), em busca de documentos que registrassem informações

referentes aos processos construtivos do leito estradal e das estruturas de transposições hídricas à época da implantação.

Todos os documentos levantados foram arquivados em pastas eletrônicas de forma organizada, mediante denominação e fonte do arquivo, objetivando a facilitação de busca quando da compilação das informações.

Ainda nesta fase procedeu-se levantamento de dados georreferenciados em relação à área de interesse, dando ênfase ao leito estradal e aos recursos hídricos superficiais com suas respectivas bacias hidrográficas, que margeiam ou interceptam a via, em especial junto aos sites do IBGE e do IDE SISEMA (Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do estado de Minas Gerais), o que fundamentou o princípio da elaboração do banco de dados para a alimentação conjuntamente com informações coletadas em campo.

Todos os dados trabalhados no QGIS e citados neste artigo adotaram o Datum oficial do Brasil SIRGAS 2000 e o sistema de projeção UTM

em zona 23S, correspondente ao código EPSG 31983 (European Petroleum Survey Group - Grupo Europeu de Pesquisa Petrolífera).

2.2. Levantamento de dados de campo

Para o levantamento de campo utilizou-se meio de transporte próprio do tipo motocicleta a fim de facilitar o acesso aos pontos de interesse como de obter maior eficiência no trabalho. Adotou-se o equipamento de recepção de sinal de satélite para posicionamento em superfície terrestre de modelo 60CSX do fabricante GARMIN, que apresenta precisão próxima de 3m, classificada como satisfatória para o trabalho de levantamento. Os registros fotográficos se deram por máquina digital, as medições pontuais por trena metálica retrátil e de fibra com ajuda de um colaborador para uso destes últimos itens, e as anotações necessárias em caderno de campo. O comparecimento ao campo para o levantamento de dados, subdividido em seis etapas e compreendido entre setembro de 2020 e maio de 2021, se deu em finais de semana em oito dias. O percurso para levantamento de informações de campo partiu de Diamantina em direção à cidade de Monjolos.

Prezou-se pela identificação de todo e qualquer ponto de ocorrência de travessia de água, independente da classificação de permanência de fluxo, sendo estas perenes, intermitentes e efêmeras, esta última também denominados como talvegues secos, que se apresentam ativos praticamente somente durante a precipitação de chuva.

2.3. Banco de dados georreferenciados

Para a elaboração da compilação e tratamento de dados georreferenciados adotou-se o software livre Calc da LibreOffice, tendo elaborado planilha que contemplasse as seguintes informações: denominação do ponto levantado, zona UTM, coordenadas X e Y, altitude elipsoidal, indicação de trafegabilidade de veículo automotor, quilometragem em relação ao ponto de origem da via férrea (origem na estação ferroviária Central do Brasil na cidade do Rio de Janeiro), ocorrência de sinal telefônico, data e horário da coleta de ponto, sub-trecho, identificação de foto, número de fotos coletadas em cada ponto, código do grupo de informação sobre o ponto, descrição, sugestão de intervenção e indicação de ocorrência de curso d'água perene ou intermitente.

Quanto aos códigos de grupo de informações este tem o objetivo de agrupar itens que apresentem características semelhantes, o que proporciona a facilitação de trabalho com massas de dados, assim como, da sua representação gráfica. Após ação de levantamento de informações de campo pode-se subdividir os dados em 28 grupos distintos, dando-se ênfase aqui para os que se referem aos dispositivos de transposição de cursos d'água dentre bueiros, pontilhões e pontes metálicos apresentando os seguintes códigos: SDR-OAC; SDR-OAE-BOS; SDR-OAE-PTF; SDR-OAC-BCS-SL/SO; SDR-OAC-BCD-SL/SO; e SDR-OAC-BCT-SL/SO. Praticamente, se tratam de siglas correspondentes à sistema de drenagem, obra de arte especial e corrida, ponte férrea, bueiro celular simples, duplo e triplo e por fim se apresentavam seção livre ou obstruída.

Os dados propostos para serem levantados apresentam itens além dos discutidos neste artigo, no entanto, os mesmos foram mantidos objetivando uma maior eficiência das atividades de campo, possibilitando assim o desenvolvimento de futuros trabalhos mediante os dados coletados.

Para todas as estruturas de travessias de cursos d'água, classificadas como obras de arte especiais, também denominadas como pontes (Baptista et al., 2003), assim como para algumas das estruturas ditas obras de arte correntes com maiores dimensões, em relação às demais levantadas, procedeu-se a identificação de dimensões e registros fotográficos que posteriormente foram convertidos em croquis em formato digital, mediante o uso de software CAD. Esta ação possibilitou o desenvolvimento de atividade de retroanálise quanto à verificação da devida operação de uma das estruturas, mediante ocorrência de precipitações de chuvas, classificadas como máxima cheia.

2.4. Rede de drenagem e bacias hidrográficas a partir de imagem SRTM

O levantamento dos cursos d'água e suas respectivas bacias hidrográficas, que interceptam o leito da antigo ramal ferroviário, teve como base o uso de imagem da SRTM (Shuttle Radar Topography Mission - Missão Topografia por Radar em Ônibus Espacial) com 1 (um) segundo de arco (aproximadamente 30 metros de resolução espacial), disponibilizada gratuitamente, mediante cadastro junto ao site do Earth Explorer do American Geological Service – USGS (Serviço

Geológico Americano) e trabalhada no programa computacional livre QGIS (versão 3.16.4), dotado dos programas também gratuitos GRASS e TAUDEM, capaz de gerarem análises de relevos com base no modelo digital de elevação (MDE). Salienta-se a adoção de instruções proferidas pelo Prof. Alexandre Rosa Santos (2020), disponibilizada em vídeos de acesso livre, tanto para a utilização do software QGIS como do GRASS e do TAUDEM.

A operacionalização do GRASS e do TAUDEM junto ao QGIS teve como referência o trabalho desenvolvido por Gomes (2020), sendo que a primeira tarefa se deu sobre o tratamento da imagem SRTM adotada, através da seguinte sequência: recorte do MDE com foco para área de entorno da TVMF entre Diamantina e Monjolos cobrindo as principais bacias hidrográficas, preenchimentos de pixels do MDE sem dados e, por fim, remoção de depressões espúrias, isto é, pontos que indiquem a inviabilidade de escoamento das águas, por depressões ou picos, o que poderia interferir na geração de linhas de escoamento e delineamento de bacias de forma automática.

Tratada inicialmente a imagem SRTM, adotando-se as ferramentas GRASS e TAUDEM pode-se gerar automaticamente os mapas da área de interesse de direção de fluxo, de fluxo acumulado, de hidrografia com suas respectivas classificações segundo Horton modificada por Strahler (Naghetini, 2008), de bacias de drenagem e suas subbacias.

2.5. Definição e análise hidrológica e hidráulica de uma das estruturas de transposição

Objetivando constatar o devido funcionamento hidráulico de uma das estruturas de transposição exploradas, a fim de verificar se as características de dimensões pudessem influenciar no estado atual da mesma, em especial no que tange à capacidade de passagem de águas fluviais e pluviais em condições extremas, propôs-se a retroanálise, isto é, partindo das características existentes se verifica se o mesmo comportaria um volume de água baseado em equações de chuvas reconhecidas para o ponto de estudo.

Fez-se necessário, portanto, o reconhecimento das características hidrológicas e morfométricas da bacia hidrográfica de montante da estrutura de transposição escolhida, assim como, das características hidráulicas do dispositivo de

drenagem, no caso em específico, um bueiro de seção com formato ogival.

Quanto às características da bacia adotou-se informações oriundas da imagem SRTM trabalhada no software QGIS com suas ferramentas GRASS e TAUDEM, possibilitando a sua geração de forma automática, da qual se pode extrair a delimitação de área, perímetro, comprimento do maior talvegue e inclinação média deste. Para a definição de precipitação máxima adotou-se a formulação básica de intensidade-duração-frequência (IDF) descrita por Paiva e Paiva (2003), conforme apresentado na Equação (1) que segue.

$$i = \frac{K * T r^a}{(t+b)^c} \quad (1)$$

Nesta Equação entende-se por “i” a precipitação máxima em mm/h, “Tr” o tempo de retorno em anos e “t” o tempo de duração de chuva, igualado ao de concentração, em minutos, para o qual se adotou a Equação (2) de R. Peltier e J.L. Bonnenfant, conforme proposto por Jabôr (2009) para bacias com áreas inferiores a 4km², levando-se em consideração as características morfométricas da área de estudo.

$$Tc = T_1 + T_2 \quad (2)$$

Os parâmetros “a”, “b”, “c” e “k” foram adotados a partir do programa computacional PLUVIO 2.1, desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos (GPRH) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), recomendado por Fiori, Duarte e Rodriguez (2003), tendo como referência de cálculo o ponto de coordenada central da bacia hidrográfica, conforme se apresenta recorte de tela do software na Figura (3).

O tempo de recorrência adotado de 25 anos e o método do tipo racional para a especificação de vazão de projeto baseou nas instruções do Manual de Outorgas do IGAM (2010), tendo como base a dimensão de área da bacia hidrográfica de referência.

A vazão máxima de projeto, adotando-se o método racional, se dá a partir da Equação (3) que segue, onde “Q” é a vazão em m³/s, o “A” a área em ha (hectare), o “I” a precipitação em mm/h e “C” o coeficiente de deflúvio tabelado:

$$Q = 0,0028 * C * I * A \quad (3)$$

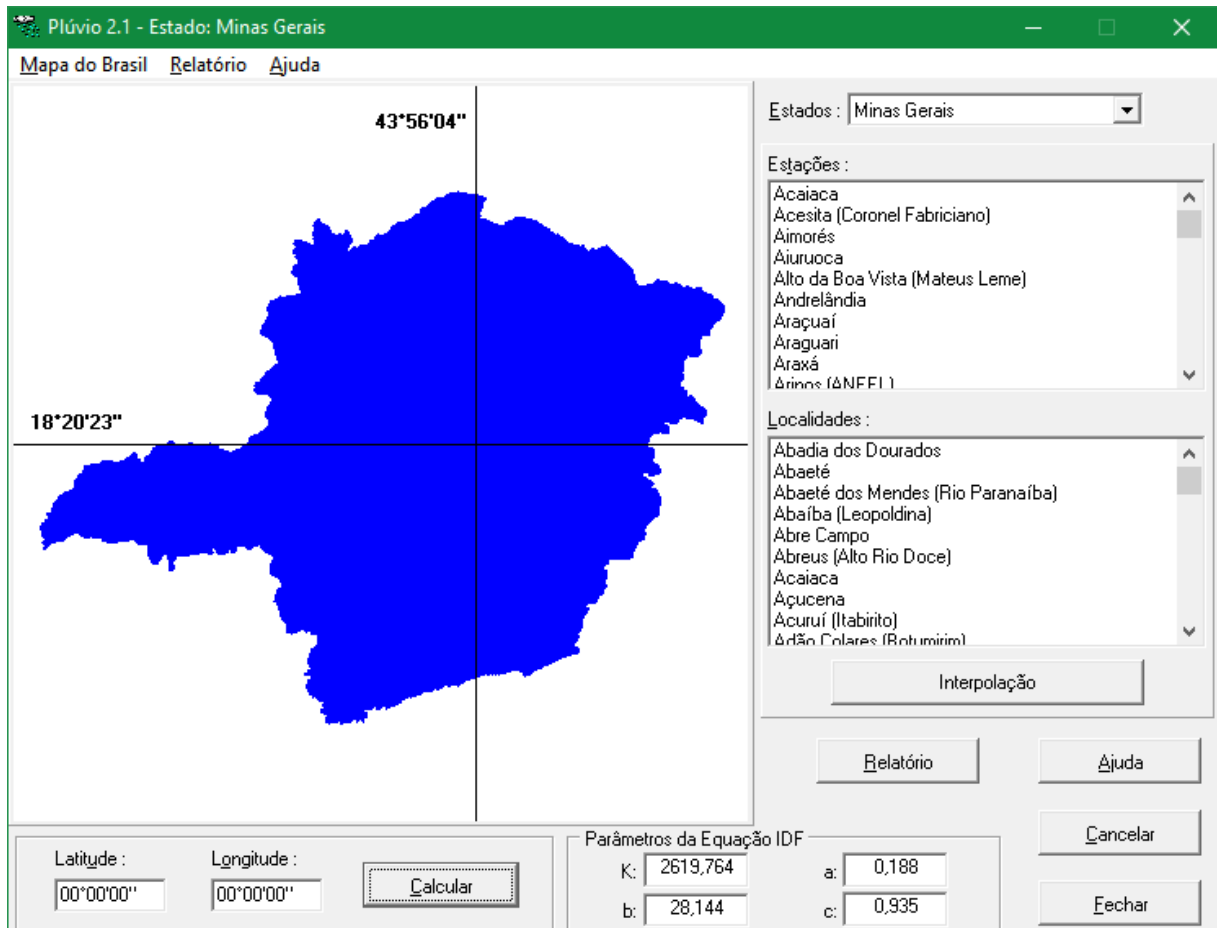


Figura 3 – Recorte de tela do software PLUVIO 2.1 do GPRH da UFV com o ponto de coordenada referente à bacia de interesse. Fonte: PLUVIO 2.1(2021).

Quanto aos cálculos hidráulicos da estrutura de transposição de referência, adotou-se as informações coletadas conforme especificações do subitem acima 2.2, como dimensões transversais e longitudinais, provenientes do uso de trenas metálicas e de fibras e nível a laser, assim como, anotações quanto às especificações dos materiais de construção adotados, com ênfase aos que se apresentam em superfícies de contato com a água, que proporciona interferência no escoamento. A identificação da inclinação de escoamento da estrutura se deu a partir de diferença de nível entre boca de entrada e boca de saída e o comprimento total da estrutura. A partir da inclinação tem-se a definição de Equação (4) a ser adotada, em que “B” e “H” são respectivamente a largura e profundidade da seção de escoamento, conforme especificações de Baptista et al. (2003), para estruturas do tipo bueiro celular, operando em regime de funcionamento do tipo supercrítico.

$$Q_{adm} = 1,705 * B * H^{3/2} \quad (4)$$

3. Resultados e discussões

3.1. Quanto às pesquisas bibliográficas

As pesquisas referentes à temática que subsidiaram este artigo apresentaram maior êxito junto ao Projeto TVMF, ao Museu da Ferrovia do Espírito Santo e ao repositório de trabalhos acadêmicos da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM).

Dá-se o devido destaque ao livro de Webb (1951), aos relatórios da extinta EFCB (Estrada de Ferro Central do Brasil) e aos trabalhos de Moreira e Araújo (2017), Araújo (2010), e MOREIRA (2018), no entanto, somente nos relatórios da EFCB fora possível encontrar poucos e pequenos detalhes sobre as características construtivas à época da implantação do ramal ferroviário Corinto a Diamantina.

Permanece-se em busca de informações técnicas, para o desenvolvimento de futuros trabalhos, sobre as metodologias construtivas da época aplicada, em especial ao trecho entre Diamantina e Monjolos, que apresenta características peculiares diante das condições

naturais da Serra do Espinhaço, com formações rochosas em quartzitos e cotas de elevação do leito estradal atingindo 1400m ao longo do traçado.

3.2. Dos dados coletados e da geração de banco de dados e produtos cartográficos

Procedidas as correções necessárias da imagem SRTM e adotadas as ferramentas GRASS e TAUDEM junto ao software QGIS, obteve-se antecipadamente informações quanto à rede de drenagem, bem como, a delimitação das bacias hidrográficas o que possibilitou uma maior assertividade na identificação de interferência dos recursos hídricos superficiais sobre o leito do antigo ramal ferroviário.

Conforme se observa na Figura (4), referente ao mapa das principais bacias hidrográficas interceptadas pelo ramal ferroviário, as mesmas se contabilizam em 5 (cinco) sendo a do Rio Pardo Grande (principal afluente em contato com a TVMF Ribeirão das Varas), do Rio Pinheiro, do Córrego da Prata, do Ribeirão do Inferno e do Rio Pardo Pequeno, que foram quantificadas conforme se apresenta na Tabela (1) abaixo, com suas respectivas extensões de trecho e percentual em

relação ao total do percurso, aproximadamente 92,52Km.

Tabela 1 – Distribuição da extensão do antigo sub-trecho ferroviário entre as sub-bacias e bacias hidrográficas federais.

Sub-bacia	Bacia federal	Extensão (km) da via na bacia	Percentual da extensão total
Cór. do Prata	Jequitinhonha	4,417	4,77
Rib. Pinheiro	Jequitinhonha	6,812	7,36
Rib. do Inferno	Jequitinhonha	4,393	4,75
Rio Pardo Pequeno	São Francisco	44,662	48,27
Rio Pardo Grande	São Francisco	32,234	34,84
Totais:		92,517	100,00

Constata-se que a maior parte do trecho, 83,21%, se encontra na bacia hidrográfica federal do Rio São Francisco, sendo que este recebe as águas do Rio Pardo Grande, e este, a do Rio Pardo Pequeno. Os demais 16,79% se encontram na bacia hidrográfica do rio federal Jequitinhonha.

Em análise às cartas topográficas do IBGE que cobrem a área de estudo, fora possível identificar somente 9 (nove) cursos d'água dotados de denominação, ou mesmo toponímia, que interceptam o sub-trecho ferroviário, conforme se observa na Tabela (2), constando ainda a descrição das coordenadas UTM do ponto de intercessão.

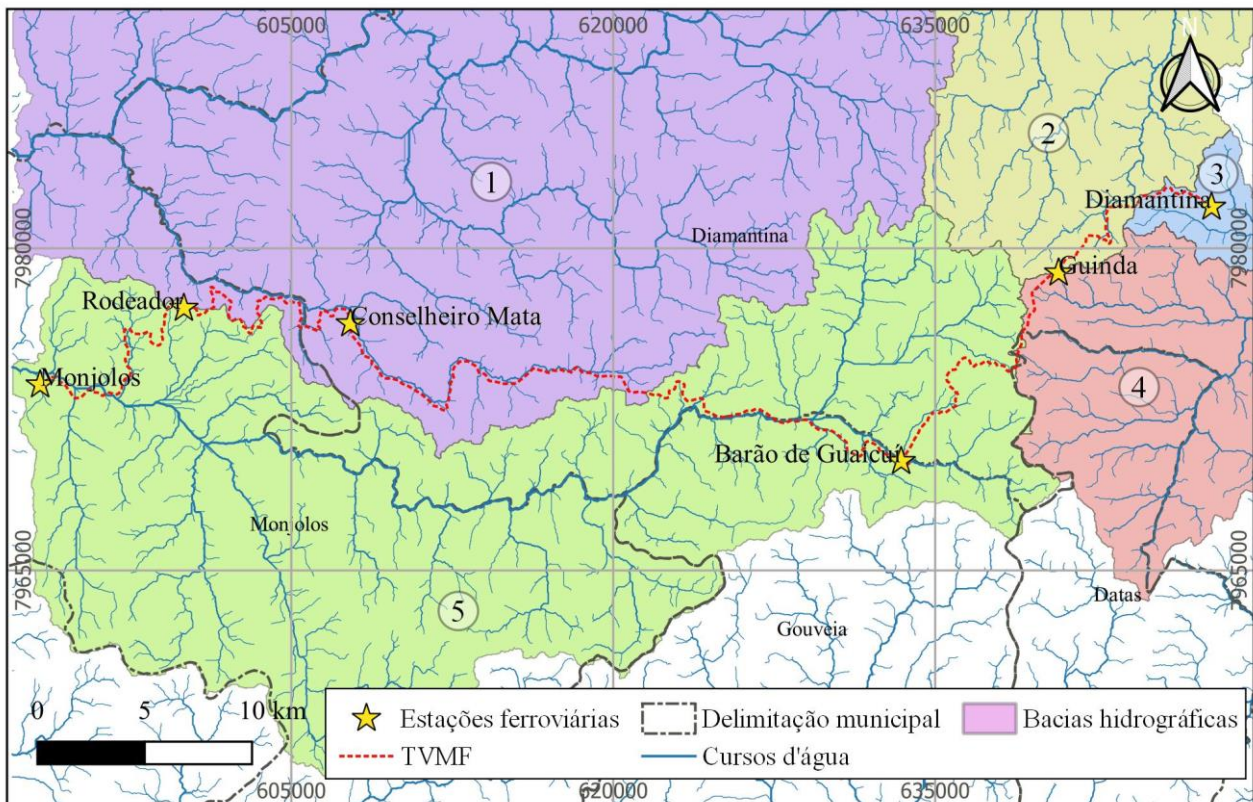


Figura 4 – Indicação do trecho da Trilha Verde Maria Fumaça (TVMF) sobre as bacias hidrográficas (1) Rio Pardo Grande/Ribeirão das Varas, (2) Rio Pinheiro, (3) Córrego da Prata, (4) Ribeirão do Inferno e (5) Rio Pardo Pequeno. Fonte: Dados georreferenciados para elaborado de bacias e cursos d'água a partir de análise de imagem SRTM via GRASS e TAUDEM.

Com os levantamentos de campo foram registrados ao todo 563 pontos, sendo que destes, 175 se referem à estruturas de transposição de cursos d'água, entre perenes, intermitentes e efêmeros. Para os 563 pontos foram registradas e arquivadas eletronicamente 1973 fotografia. Dos 175 pontos, 69 se referem às estruturas de transposição de cursos d'água perenes e intermitentes do tipo bueiros e pontes, isto é, estruturas que contam com fluxo de água em maior parte do tempo ao longo de todo o ano.

Os 175 dispositivos encontram-se subdivididos em tipologias descritas na Tabela (3), observando-se o maior número de estrutura como tipologia de obra de arte corrente bueiro celular de seção retangular simples, representados pela Figura (5). A maioria fora executado com a técnica de alvenaria em pedra seca, ou mesmo, sem argamassa de assentamento ou rejunte, com piso e teto também em rocha com suas seções transversais diversas conforme necessidade de vazão de água a ser escoada. Considera-se importante citar que em relatório da EFCB (1910), consta descrição do Decreto Federal 7889/1910, determinando a dimensão mínima de seção de 0,60m de diâmetro (sessenta centímetros) para bueiros tubulares, mostrando-se preocupação quanto as passagens de água pelo trecho. Informa-se que no sub-trecho entre Diamantina e Monjolos não foram identificadas estruturas em seção circular, e sim somente retangular ou quadrada.

Nas Figuras (6) e (7) se observam respectivamente as características de bocas de saída e entrada de uma estrutura do tipo bueiro celular duplo e uma do tipo bueiro celular triplo, construídos também praticamente com as mesmas tecnologias adotadas para os bueiros celulares simples, com suas seções transversais também variando de acordo com a necessidade de escoamento de vazão de água.

Tabela 2 – Cursos d'água perenes que interceptam o sub-trecho do antigo ramal ferroviário entre Diamantina e Monjolos com Toponímia segundo cartas do IBGE (1977).

Curso d'água	Bacia federal	Coordenada X	Coordenada Y
Cór. do Bacalhau	São Francisco	635984	7972681
Cór. do Capão	São Francisco	633805	7970025
Cór. do Capão	São Francisco	633806	7970024
Cór. do Tamanduá	São Francisco	631669	7970673
Cór. Mangabeira	São Francisco	629942	7971535
Rio Pardo Pequeno	São Francisco	627617	7971934
Córrego Brejão	São Francisco	624117	7973006
Cór. das Carreiras	São Francisco	613802	7974161
Rio Pardo Pequeno	São Francisco	596300	7973188

Tabela 3 – Tipologias e quantificações de estruturas de transposição de cursos ao longo do sub-trecho do antigo ramal ferroviário entre Diamantina e Monjolos.

Tipo de estrutura de transposição	Quantidade
Obra de arte corrente (bueiro celular simples)	156
Especial - bueiro em ogiva de concreto e rocha	1
Especial - pontilhão de ferro	13
Corrente - bueiro celular duplo	4
Corrente - bueiro celular triplo	1



Figura 5 – Travessia do tipo bueiro de greide celular simples em alvenaria de pedra seca.



Figura 6 – Travessia do tipo bueiro celular duplo em alvenaria de pedra seca.



Figura 7 – Travessia do tipo bueiro celular triplo em alvenaria de pedra seca.

Na Figura (8) observa-se travessia do tipo ponte metálica treliçada, sobre o Rio Pardo Pequeno no município de Monjolos, apresentando um vão livre de 40,05m. para qual fora elaborado croqui que segue em recorte na Figura (9).

A estrutura apresenta-se em funcionamento no atendimento de tráfego de veículos automotores como de tração animal na atualidade. Esclarece-se que o Rio Pardo Pequeno intercepta o leito ferroviário em dois pontos, sendo um neste município já informado e o outro nas proximidades do distrito de Barão do Guaicuí, demarcando divisa com os municípios de Diamantina e Gouveia. Ali, também se registra a presença de ponte metálica em estrutura treliçada com um vão livre de 30,18m, conforme pode ser visto na Figura (10).

Constatada a existência de intervenções em pontes e pontilhões metálicos, mediante projeto elaborado pela gestão da TVMF, com a implantação de tablado em tela metálica, corrimão e guarda-corpo, objetivando a melhor trafegabilidade de caminhantes e ciclistas.

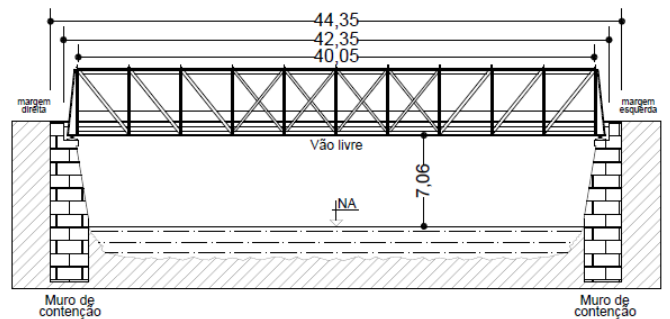
Adotando-se segmentos do sub-trecho Diamantina a Monjolos, tendo-se informação de seus comprimentos a partir de mapeamentos da área, levando se em consideração etapas de execução de trabalho de campo e as ocorrências de interseções de cursos d’água perenes, intermitentes e efêmeros com o leito estradal ferroviário, obtém-se o número quociente de dispositivos de transposição por quilômetro, conforme se observa na Tabela (4). O trecho que apresentou maior quociente foi o referente ao seguimento entre a ponte metálica sobre o Rio Pardo Pequeno (Gouveia - MG) e o distrito de Conselheiro Mata (Diamantina - MG). O de menor quociente se refere à região da Serra da Tocaia entre o entroncamento da via férrea com a MG220 (sede da fazenda do Sr. Ponteiro) e o distrito de Rodeador (Monjolos - MG). Tal quociente apresenta importância quanto à previsão de investimentos em manutenção corretivas e preventivas das estruturas.

Tabela 4 – Quantificação de dispositivos de drenagem (transposição ferroviária de cursos d’água) por subdivisões do trecho do antigo ramal ferroviário entre Diamantina e Monjolos.

Sub-trecho	Comprimento (km)	Quant. Dispos. Drenagem	Dispos. Drenagem / km
Diamantina - Barão	27,240	20	0,734
Barão - Ponte Pardo	7,494	26	3,469
Ponte Pardo - Conselheiro	27,659	97	3,507
Conselheiro - Ponteiro	8,660	16	1,848
Ponteiro - Rodeador	7,817	2	0,256
Rodeador - Monjolos	13,647	11	0,806
Totais:	92,517	172	



Figura 8 – Travessia do tipo ponte metálica treliçada sobre o Rio Pardo Pequeno no município de Monjolos.



CORTE LONGITUDINAL

Figura 9 – Recorte de croqui elaborado em CAD em vista longitudinal da ponte metálica treliçada sobre o Rio Pardo Pequeno no município de Monjolos.



Figura 10 – Pontilhão sobre o Rio Pardo Pequeno em divisa de Diamantina e Gouveia.

As principais inconformidades identificadas nos bueiros celulares simples se referem à obstrução de cessões de escoamento pela presença de vegetação nas bocas de montante e jusante, assim como pela presença de solo transportado da área da bacia hidrográfica de montante correspondente para o interior da estrutura. Tal questão implica na

redução de área de escoamento promovendo o acúmulo de água à montante, em períodos de chuva, em especial as torrenciais, vindo a interagir com a estrutura de aterro do pavimento ferroviário. Caso a condição se mantenha, a água pode galgar a estrutura e promover movimentação de solo de composição da mesma em estado compactado, vindo a desenvolver processos erosivos no leito estradal ou em suas margens.

Foram identificados dentre os 175 dispositivos de transposição, 13 (treze) que apresentaram ocorrência de processos erosivos pela interferência de águas. Alguns destes 13 dispositivos de travessias apresentam inconformidades estruturais em bocas de entrada ou de saída, tendo identificado o deslocamento de massas de solos ou de rochas que suportavam tanto o dispositivo de transposição como de corpo de aterro do leito estradal ferroviário, como se vê em exemplo a Figura (11).



Figura 11 – Processo erosivo desencadeado de jusante para montante de dispositivo de travessia.

A imagem acima refere-se a uma drenagem inserida na bacia do Rio Pardo Pequeno, sem denominação segundo carta do IBGE, localizada no município de Monjolos. O sub-trecho ferroviário neste ponto, até antes do deslocamento de massa de solo pelo processo erosivo, se apresentava como trafegável por veículos automotores, no entanto, na atualidade o ponto se apresenta como interdito forçando os usuários a procurarem outros acessos. O processo erosivo em questão tende a se agravar caso não sofra intervenção para a sua recuperação, visto a ocorrência de solo exposto e a possibilidade de movimentação de material de base da estrutura pelas águas.

3.3. Quanto aos resultados de análises hidrológica e hidráulica de um dos bueiros

Quando se trata de obras hídricas com ocorrência de processos erosivo, há de se entender se o mesmo ocorre por condições de projeto ou por falta de manutenções preventivas. Em caráter exemplificativo quanto esta questão, tomou-se neste trabalho a estrutura de transposição do tipo obra de arte especial em bueiro único em seção ogival, localizada no sub-trecho do antigo ramal ferroviário entre Diamantina e Monjolos, nas proximidades do distrito de Conselheiro Mata, especificamente no ponto de coordenada UTM X: 612233/Y: 7972492, tendo sua boca de entrada (montante) apresentada na Figura (12).



Figura 12 – Boca de entrada (montante) do bueiro ogival próximo ao distrito de Conselheiro Mata.

Para o melhor entendimento da estrutura procedeu-se o levantamento de suas características construtivas tanto em seção como em longitudinal, tendo gerado croqui que se apresenta aqui em recortes nas Figuras (13), (14) e (15).

Em caráter informativo, oriundo de pesquisas, apresenta-se a Figura (16) por Webb (1951) na qual consta detalhes de estruturas do tipo, apresentando semelhança com os croquis elaborados atualmente de obra datada de 1916.

As principais informações se referem a áreas de seções, inclinação de escoamento e tipo de materiais e metodologias de construção. Constatase área de boca montante de 8,23m², de jusante 8,53m², inclinação de 13,5%, com fundo em rocha natural e paredes parcialmente em pedra argamassada e teto em concreto, possivelmente desprovido de ferragens, considerando a época em que fora instalado, que até mesmo o Cimento

Portland não apresentava facilidade de aquisição, conforme nos trata o SNIC (Sindicato Nacional de Indústria de Cimento) e a ABCP (2020). Verifica-se

descrição sobre argamassa de cimento em uma das fachadas do bueiro com data de 25/01/1916, aludindo à data de implantação.

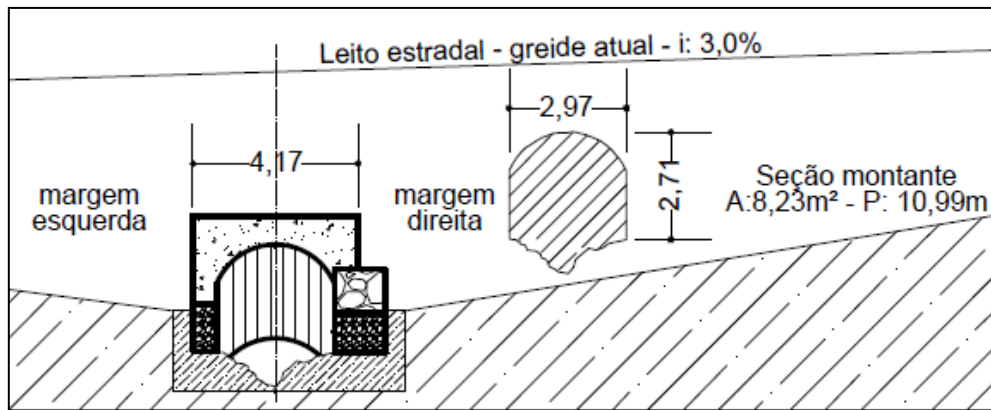


Figura 13 – Recorte de croqui elaborado em CAD com representação de boca de entrada (montante) do bueiro ogival próximo ao distrito de Conselheiro Mata.

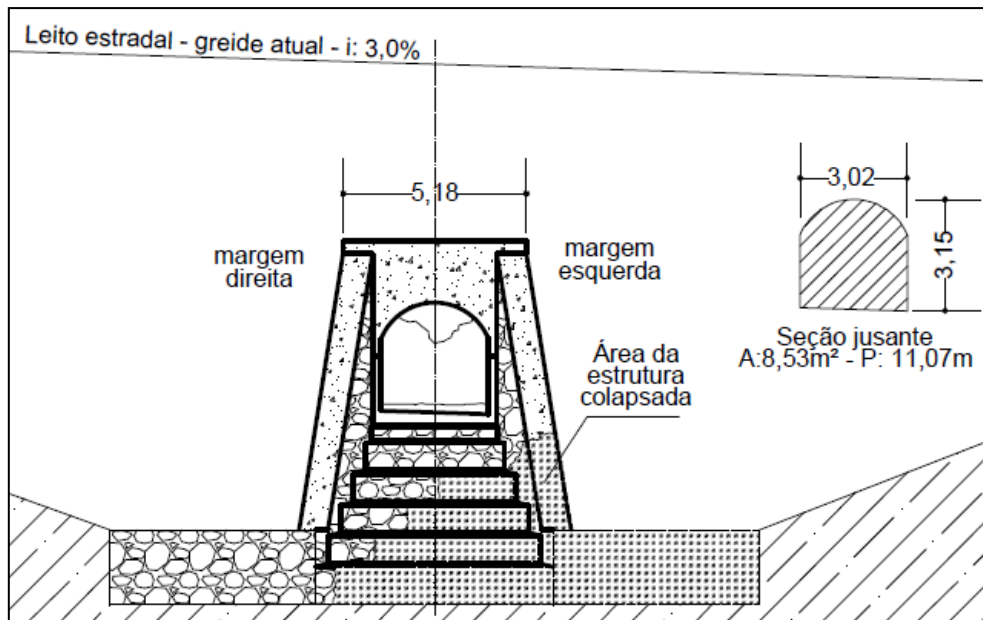


Figura 14 – Recorte de croqui elaborado em CAD com representação de boca de saída (jusante) do bueiro ogival próximo ao distrito de Conselheiro Mata.

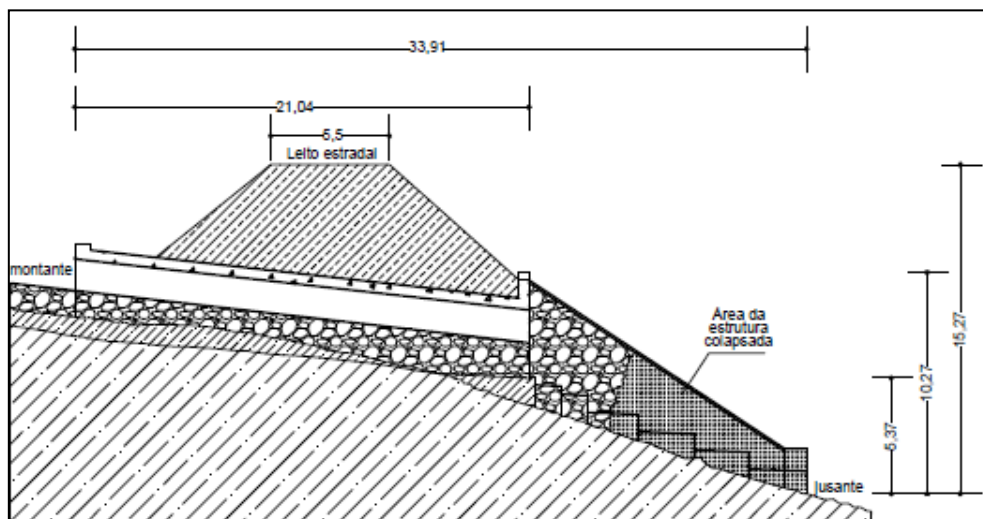


Figura 15 – Recorte de croqui elaborado em CAD com representação de corte longitudinal do bueiro ogival próximo ao distrito de Conselheiro Mata.

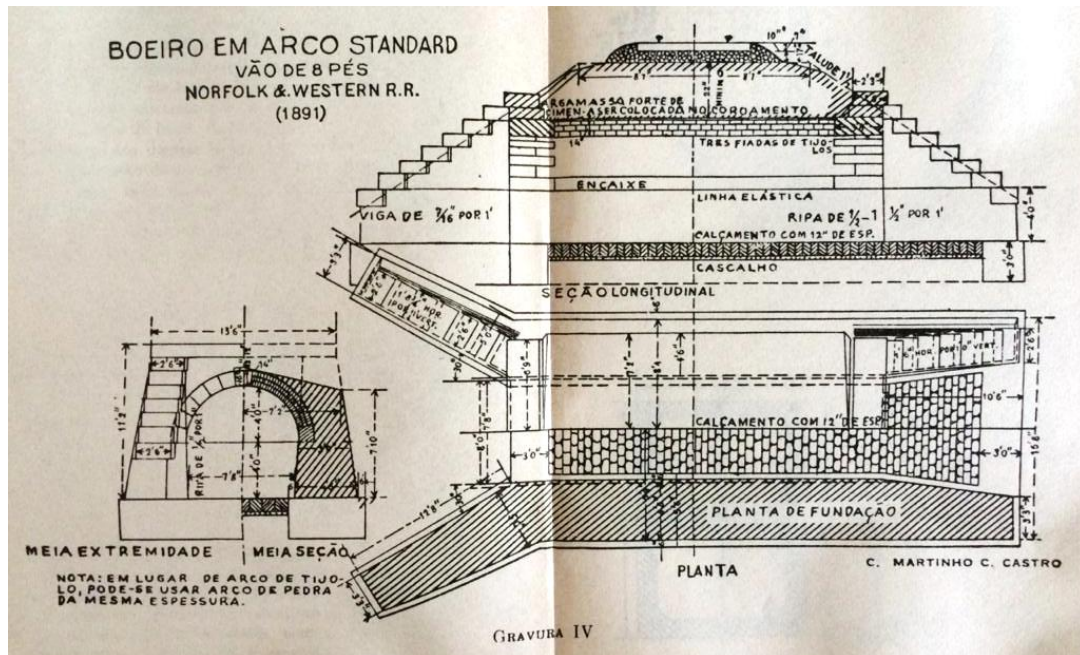


Figura 16 – Exemplo de detalhamento de bueiro em arco recolhido de literatura de 1951 (WEBB, 1951).

A estrutura proporciona a transposição de curso d'água perene sem denominação em carta topográfica do IBGE, afluente direto do ribeirão das Varas, contribuinte do Rio Pardo Grande (afluente do rio das Velhas – bacia federal do Rio São Francisco). Sua ordem segundo Horton, modificada por Strahler (Naghetini, 2008) é 2, inclusive no ponto de interseção com o ramal ferroviário, apresentando proximidades com a nascente. Em uma análise apurada da bacia de contribuição, tendo como ponto exutório a localização do bueiro em estudo, através do mapeamento desenvolvido a partir da imagem SRTM, conforme se vê na Figura (17), a bacia hidrográfica de montante apresenta uma área de 183,29ha (1,8329Km²), comprimento de talvegue principal 2,591km, coeficiente de forma de 1,914, perímetro 6,059Km, cota mínima 1032m, cota máxima 1262m, e inclinação média de talvegue 0,0888m/m (8,88%).

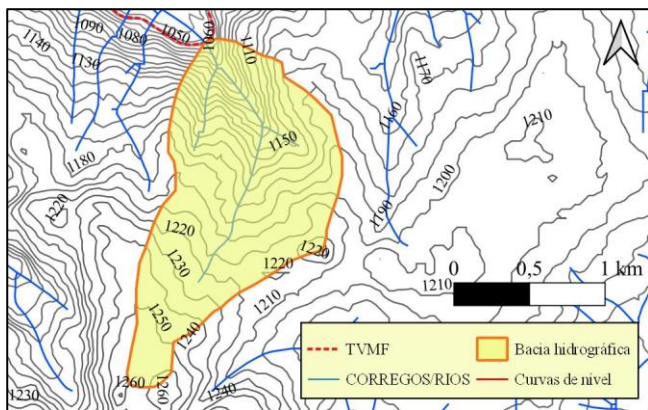


Figura 17 – Mapa da bacia hidrográfica a montante do bueiro ogival afluente do Riacho das Varas com dados provenientes de imagem SRTM.

Quando da avaliação de campo constatou-se a ocorrência de deslocamento parcial da estrutura e piso da escada dissipadora de energia localizada na parte jusante do bueiro, composta de pedras aparelhadas e encaixadas umas nas outras dando o formato de uma escada, apresentando degraus e espelhos com dimensões variadas aumentando de montante para jusante caracterizando uma abertura em leque, conforme se observa na imagem (18). Verificou-se ainda na parte interna da estrutura do bueiro, bem próximo à boca de jusante, a ocorrência de trincas com espessuras próximas de 4cm que vão de piso à teto, conforme Figura (18). Constatou-se ainda a ocorrência de infiltração de água no interior da galeria, não tendo o volume total escoando na superfície do piso do bueiro.

Adotando a metodologia proposta neste trabalho para o cálculo de vazão de projeto, em relação à bacia hidrográfica de montante deste bueiro ogival, considerou-se as informações referentes à mesma, incluindo a sua posição, que possibilitou a definição da precipitação máxima de 77,51mm/h a partir dos parâmetros $K=2618,119$, $a=0,188$, $b=28,124$, e $c=0,935$, definidos pelo software PLUVIO 2.1 (Figura 3), assim como do tempo de duração igualado ao de concentração calculado foi de 54,32 minutos e do tempo de retorno de 25 anos, considerando a necessidade de segurança da estrutura. As características de superfície da bacia indicaram a utilização do coeficiente de escoamento (*run-off*) de 0,5. A partir destes dados se obteve a vazão máxima de projeto

de $19,74\text{m}^3/\text{s}$ mediante a adoção de Equação (3) descrita anteriormente.

Levando-se em consideração as dimensões do bueiro e sua inclinação média, assim como, as características de superfície de contato com a água, que remeteram à definição do coeficiente de rugosidade de 0,033, obteve-se a vazão admissível da estrutura de $23,30\text{m}^3/\text{s}$ e uma velocidade de fluxo de $4,25\text{m}/\text{s}$.



Figura 18 – Boca jusante e escada dissipadora de energia do bueiro ogival próximo ao distrito de Conselheiro Mata.



Figura 19 – Trincas em estruturas perto da boca de jusante do bueiro ogival próximo ao distrito de Conselheiro Mata.

Comparando-se a vazão de projeto ($19,74\text{m}^3/\text{s}$) com a admissível pela estrutura de transposição ($23,30\text{m}^3/\text{s}$) verifica-se que esta é superior à primeira, indicando conformidade de projeto hidráulico, mesmo diante das limitações de fundações técnicas para a época, conforme esclarece Webb (1951). Verifica-se no entanto, que a velocidade de fluxo calculada, relacionada principalmente com a inclinação do piso da estrutura, apesar de estar em contato com

superfícies em rocha e concreto hidráulico, podem proporcionar desgastes em superfície ao longo do tempo.

Observa-se que a inclinação de piso interno da estrutura acompanhou na maior parte da extensão do bueiro a inclinação natural do talvegue, sendo já reduzida próximo à boca de jusante do bueiro por necessidade de instalação de estrutura de contenção de aterro do corpo estradal. Assim entende-se que esta questão tenha influência sobre as condições atuais da estrutura, que pode deteriorar ao longo do tempo pela ação das águas assim como da estabilização de forças tanto do corpo de aterro como da própria estrutura hidráulica de transposição, exigindo intervenções para a recuperação deste dispositivo de transposição.

Esta estrutura aqui detalhada, como dito acima, apresenta-se como exemplo de possibilidade de verificação e constatações de origens de inconformidades das estruturas de transposição hídrica, podendo ser aplicada a mesma metodologia de avaliação, alterando-se alguns itens tendo como principal referência a dimensão da bacia hidrográfica de montante da estrutura, chamando a atenção dos órgãos competentes para a manutenção das mesmas para se manter em condições de uso a antiga via férrea, atualmente utilizada para diversos fins, dentre eles o do desenvolvimento do turismo local.

Entende-se desde já a necessidade de intervenções em determinados pontos da via, primeiramente para a segurança dos usuários, seguido da necessidade de se manter um patrimônio que tem valor histórico, turístico e econômico, e ainda, para se evitar a ocorrência de impactos sinérgicos a partir da ocorrência de sinistros com grandes volumes de terra movimentados pela força da água.

A tabela mencionada neste trabalho na qual foram compilados os dados levantados em campo, constando proposições de intervenções, fora disponibilizada aos atuais participantes do Conselho da TVMF em formação, que posteriormente encaminharam às Prefeituras Municipais de Diamantina e Gouveia, até o momento da escrita deste artigo, estando as mesmas com um diagnóstico preliminar para o start das tomadas de decisões. Posteriormente a planilha também deverá ser encaminhada ao município de Monjolos para o seu conhecimento e ações pertinentes.

Entende-se que por apresentar diversas informações sob o sub-trecho, que não somente

sobre as travessias e recursos hídricos, o banco de dados em tabela eletrônica pode ser explorado por diversas frentes de novas propostas de trabalho, tal como a de indicação de preservação histórica de algumas das estruturas dentre pontes e bueiros, além das edificações identificadas também ao longo do ramal.

Apesar de não estar inserido no trecho proposto pela TVMF, o sub-trecho entre os municípios de Monjolos e Corinto, parcialmente utilizado para o tráfego de veículos automotores, hoje rodovia estadual MG2020, principalmente no trecho entre Monjolos e Santo Hipólito, também poder ser avaliado seguindo esta mesma metodologia, ampliando-se assim informações que poderão ser utilizadas na busca de preservação de antigos ramais ferroviários com proposições de usos diversos, dentre eles o de turismo de esporte e de contemplação natural.

4. Conclusão

Mediante a pesquisa literária e de campo pode-se obter um maior conhecimento sobre o sub-trecho do antigo ramal ferroviário entre Diamantina e Monjolos, com foco à compreensão sobre a interferência dos recursos hídricos superficiais, que interceptam esta obra implantada desde de 1910, e que ainda se mantém em uso, apesar das ínfimas intervenções para a sua manutenção pelos órgãos competentes e dos processos de degradação natural e antrópica.

Baseando-se em informações técnicas na área de geoprocessamento, desde a coleta de dados de campo, uso de informações por sensoriamento remoto e utilização de softwares específicos, fora possível elaborar banco de dados robusto que fundamentou a geração de mapas temáticos com possibilidade de serem interpretados para usos diversos, dentre eles a identificação de cursos d'água e localização de dispositivos de transposição ferroviária sobre drenagens.

Cumpra-se, portanto, com este trabalho a proposta de aprendizado em geotecnologias do curso de Especialização em Geoprocessamento do IFNMG – Campus Diamantina (IFNMG, 2019), ciente de que o aprendizado deve ser constante, agregando ainda o bom uso dos recursos públicos, visto que estão sendo retornados ao setor público resultados passíveis de serem aplicados na preservação de bens da coletividade.

Espera-se que através da divulgação das informações, outros interessados se mobilizem para proporcionar condições a este ambiente estudado, a fim de prolongar a sua vida útil para que outros possam usufruir de suas características naturais e até mesmo alteradas pelo homem.

5. Agradecimentos

Ao IFNMG Campus Diamantina, na pessoa do Prof. Paulo Marinho, pela oportunidade de capacitação.

Aos Professores da UFVJM Bernat Viñolas e Glauco Humbelino pela participação em banca de defesa deste artigo.

Aos companheiros de grupo de trabalho do curso de especialização pela disponibilidade de sempre.

À TVMF e à ONG Caminhos da Serra, nas pessoas do Alex Mendes e da Rosália Moreira, pela oportunidade de trabalho.

E ao meu querido pai ferroviário por ser uma das fontes do interesse pelo assunto.

Referências

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland, 2020. *Uma breve história do Cimento Portland*. Disponível em: <<https://abcp.org.br/>> [Acessado 04 de Abril 2021].

Araújo, H.D., 2010. *Projeto de identificação e diagnóstico dos principais atrativos do circuito dos diamantes e formação de propostas para indução e apoio de fluxo turístico*. Diamantina / MG, 24 p.

Baptista, M., Coelho, M.M.L.P., Cirilo, J.A. e Mascarenhas, F.C.B., 2003. *Hidráulica aplicada*. 2ed. rev. ampl. Porto Alegre: ABRH.

EFCB – Estrada de Ferro Central do Brasil, 1910. *Relatório da diretoria da Companhia E. F. de Vitória a Minas apresentado à Assembleia Geral Ordinária de seus accionistas em 19 de outubro de 1910*. Rio de Janeiro: Typographia Leuzinger.

EFCB – Estrada de Ferro Central do Brasil, 1911. *Relatório da diretoria da Companhia E. F. de Vitória a Minas apresentado à Assembleia Geral Ordinária de seus accionistas em 14 de outubro de 1911*. Rio de Janeiro: Typographia Leuzinger.

- EFCB – Estrada de Ferro Central do Brasil, 1917. *Relatório da Directoria da Companhia E. F. de Vitória a Minas – Relativo ao anno de 1917 – Apresentado à Assembléa Geral Ordinária em 11 de outubro de 2018*. Rio de Janeiro: Typographia do Jornal do Commercio.
- EFCB – Estrada de Ferro Central do Brasil. *Relatório da Directoria da Companhia E. F. de Vitória a Minas – Relativo ao anno de 1918 – Apresentado à Assembléa Geral Ordinária em 15 de dezembro de 1919*. Rio de Janeiro: Typographia Gomes Brandão, Marcondes & C.
- Fiori, P.R.; Duarte, S.N. e Rodrigues, G.O., 2012. *Comparação de equações de chuvas intensas para localidades do Estado de São Paulo*. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, 32(6), pp.1080-1088.
- Gomes, J.L.S., 2020. *Morphometric Characterization of the Todos os Santos river basin in Minas Gerais – Brazil*. International Journal of Geoscience, Engineering and Technology, 1(1), pp.1-6.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1977. *Carta Topográfica Corinto*. 2. Impressão, 1986. 1. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. Escala 1:100.000. Projeção UTM. Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC, Datum horizontal: Córrego Alegre, MG. Folha SE-23-Z-A-II – MI-2422. Disponível em: <<https://portaldemapas.ibge.gov.br/>> [Acessado 10 Novembro 2020].
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1977. *Carta Topográfica Diamantina*. 2. Impressão, 1986. 1. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. Escala 1:100.000. Projeção UTM. Datum vertical: marégrafo Imbituba, SC, Datum horizontal: Córrego Alegre, MG. Folha SE-23-Z-A-III. Disponível em: <https://portaldemapas.ibge.gov.br/>. [Acessado 10 Novembro 2020].
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2020. *Mapas, organização do território, malha territorial, Minas Gerais - Malha municipal (2020)*. Disponível em: <<https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#homepage>> [Acessado 13 Março 2021].
- Jabôr, M.A., 2009. *Drenagem de rodovias – Estudos hidrológicos e projeto de drenagem*. Belo Horizonte, 118 p.
- IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2010. *Manual técnico e administrativo de outorga de direito de uso de recursos hídricos no Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte.
- IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2018. *Manual técnico e administrativo de outorga de direito de uso de recursos hídricos no Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte.
- IDE SISEMA - Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais, 2020. *Plataforma WebGIS IDE Sisema*. Disponível em: <<http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>>. [Acessado 10 Novembro 2020].
- IFNMG – Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, 2019. *Projeto Pedagógico da Pós-Graduação Latu Senso em Geoprocessamento Aplicado*. Diamantina, MG.
- Moreira, R.A. e Araujo, H.D., 2017. *Trilha Verde da Maria Fumaça: patrimônio ferroviário e turismo do Vale do Jequitinhonha*. Revista Brasileira de Ecoturismo, São Paulo, 9(6), pp.751-767.
- Moreira, R.A., 2018. *Ramal ferroviário Corinto - Diamantina: análise da imprensa local entre os anos de 1893 a 1913 e o roteiro turístico Trilha Verde Da Maria Fumaça*. Diamantina/MG: UFVJM, 282.
- Naghattini, M., 2008. *Introdução à hidrologia aplicada à engenharia*. Belo Horizonte/MG: UFVJM – DEHRH.
- Paiva, J.B.D. e Paiva, E.M.C.D., 2003. *Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas*. Reimpressão ver. aum. Porto Alegre: ABRH.
- Plúvio 2.1 – *Software Plúvio*. Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos – GPRH da Universidade Federal de Viçosa – UFV. Disponível em: <<http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares>>. [Acessado 13 Fevereiro 2021].

Santos, A.R., 2020. *Playlist do Curso de Análise Topográfica e Hidrológica no QGIS (38 aulas)*. Disponível em: <<https://www.youtube.com/channel/UCC0zmaDIs6RazFUuBrKnMfg/playlists>> [Acessado 10 Setembro 2020].

Santos, A.R., 2020. *Playlist do Curso Introdutório ao QGIS (45 aulas)*. Disponível em: <<https://www.youtube.com/channel/UCC0zmaDIs6RazFUuBrKnMfg/playlists>> [Acessado 10 Agosto 2020].

SNIC - Sindicato Nacional de Industria de Cimento, 2021. *História*. Disponível em: <<http://snic.org.br/historia>> [Acessado 04 Abril 2021].

Vasconcelos, M., 1947. *Vias brasileiras de comunicação*. 6 ed. Rio de Janeiro: Conselho Nacional de Geografia.

Webb, W.L., 1951. *Construção de estradas de ferro – Teoria e prática*. Tradução de Thoamaz Pompeu Accioly Borges. Rio de Janeiro: Livraria-Editora da Casa do Estudante do Brasil.

QGIS Development Team, 2021. *QGIS Geographic Information System 3.16*. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em <<http://www.qgis.org/>> [Acessado 30 Julho 2020].

USGS – Science for a Changing World. EarthExplorer, 2021. *SRTM 1 Arc-second global - SRTM1S19W044V3*. Disponível em <<https://earthexplorer.usgs.gov/>> [Acessado 13 Março 2021].