

## Desenvolvimento e validação de um mapa de declividade de vias para o Município de Belo Horizonte-MG com fins de administração pública

Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega - UFMG (raanobrega@ufmg.br)  
Marcelo Antônio Nero - UFMG (marcelonero@gmail.com)

**Resumo:** A presente pesquisa consistiu no cálculo de informações referentes à declividade do terreno interceptado por cada segmento da malha viária do município de Belo Horizonte-MG. Embora aparentemente simples pela existência de dados geográficos precisos oriundos da base cartográfica e malha viária oficial da Prefeitura de Belo Horizonte, o processo e o produto caracterizaram uma inovação na administração pública no que tange o planejamento e a gestão do setor de transportes. O presente trabalho teve como objetivo alimentar a base viária de Belo Horizonte com informações sobre as declividades mínima, média e máxima das vias por segmento, que somadas a outras informações como o tipo de pavimentação, a largura e o gabarito, caracterizam fatores imprescindíveis ao planejamento e operação do transporte e da logística urbana. Todos os segmentos da malha municipal foram alvos do processamento, totalizando mais de 4000km de vias. As informações de declividade dos trechos passaram por um processo de validação cartográfica concluindo-se que o mesmo atende à necessidade da presente pesquisa. O caráter singular e a originalidade do projeto, bem como os seus resultados elevam a Autarquia de Transportes de Belo Horizonte -BHTRANS- à vanguarda do uso de geoprocessamento no planejamento e na gestão do transporte urbano. A visibilidade e o interesse público pelos resultados da pesquisa demonstram que as informações de declividade das vias são objetos de desejo para subsidiar políticas de mobilidade, acessibilidade, segurança e eficiência no transporte urbano.

**Palavras-chave:** Geoprocessamento; declividade; transportes; administração pública.

*Development and validation of a road slope map for the Municipality of Belo Horizonte-MG for public administration purposes*

**Abstract:** The current study focused on calculating slope information for each segment of Belo Horizonte's road network. Despite the apparent simplicity facilitated by precise geographic data from the city's cartographic database and official road network, the process and outcomes represented an innovative approach in public administration, particularly in transportation planning and management. The aim was to enrich Belo Horizonte's road database with details on minimum, average, and maximum slopes per segment, along with other factors like pavement type, width, and clearance, crucial for transportation and urban logistics planning. All segments of the municipal road network, totaling over 4000 km, underwent processing. The slope data underwent cartographic validation, confirming its suitability for the research. This project's uniqueness and results position the Transport Authority of Belo Horizonte (BHTRANS) at the forefront of geoprocessing application in urban transportation planning and management. The widespread attention and public interest in the research findings underscore the significance of road slope information in shaping policies related to mobility, accessibility, safety, and efficiency in urban transportation.

**Keywords:** Geoprocessing; Slope; Transport; Public administration.

## 1 - INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

O presente trabalho consistiu no cálculo de informações referentes à declividade do terreno interceptado por cada segmento da malha viária de Belo Horizonte-MG e sendo essa ao final validada do ponto de vista do controle de qualidade cartográfica com respeito à declividade. Embora aparentemente simples pela existência de dados geográficos precisos (base cartográfica e malha viária oficial da PBH), o processo e o produto caracterizam uma inovação jamais experimentada na administração pública. Na iniciativa privada, por exemplo, soluções tecnológicas atuais que integram a navegação inteligente a partir de dispositivos GNSS (*Global Navigation Satellite System* – Sistema de Satélite de Navegação Global, amplamente utilizado nas mais diversas aplicações como relatado em diversos trabalhos, tais como em Mendes (2019), Banville (2023), Huang et al. (2023), Angelats et al. (2024), Tang et al. (2024), Wu et al. (2024), Yasyukevich et al. (2024) e telefonia móvel, embora com enorme sucesso e aceitação pública para elaboração e análise de rotas de deslocamento, consideram em seus cálculos um número pequeno de variáveis, tais como sentido das vias, velocidade máxima e condição instantânea de tráfego.

Dentro desse contexto e do desenvolvimento do presente trabalho foi utilizada a técnica de geoprocessamento com o emprego de Sistema de Informações Geográficas (SIG), utilizada em vários outros trabalhos e temas, tais como em Macedo e Umbelino (2010a, 2010b) (ambos em demografia), Oliveira et al. (2023), Pereira et al. (2024) (esses dois últimos aplicados à área de transportes). Adicionalmente, foi ainda realizado o processo de controle de qualidade de bases cartográficas por meio de amostragem de pontos, valendo destacar diversos trabalhos utilizados como referências, a saber: Merchant (1982), Ariza-López (2002), Nero (2005), Cintra e Nero (2015), Nero et al. (2022). Estes conceitos tiveram como base a aplicação no caso brasileiro das normas de controle de qualidade posicional em Cartografia do Brasil, o que é mais bem detalhado em Brasil (1984) e DSG (2011, 2016).

O presente trabalho teve como objetivo inserir na base viária de Belo Horizonte-MG as informações sobre as declividades das vias (mínima, média e máxima) que, somadas a outras informações destas, tais como o tipo de pavimentação, largura, gabarito (altura máxima permitida), caracterizam fatores imprescindíveis ao planejamento do transporte e à logística urbana. De modo a validar os resultados desenvolvidos, também foram aplicados processos de controle de qualidade dos produtos obtidos.

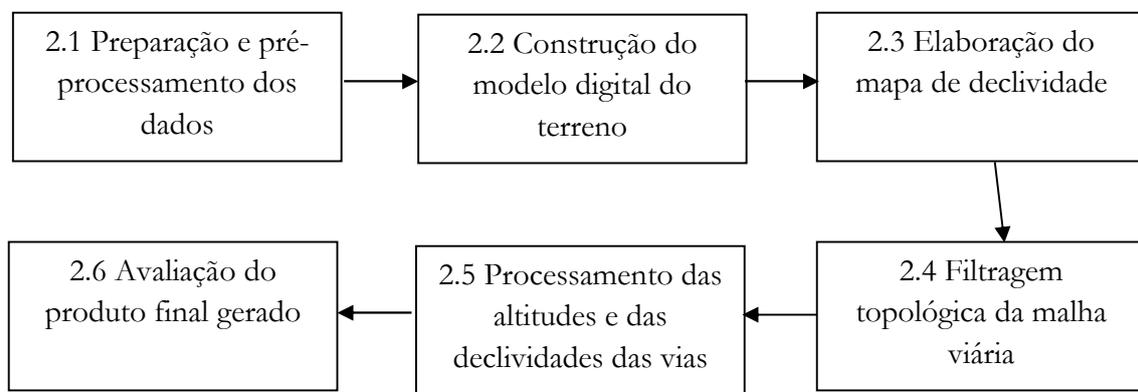
Vale ressaltar ainda, que o presente projeto é resultado de uma prestação de serviço à Autarquia de Trânsito de Belo Horizonte-MG (BHTrans) com o emprego do

geoprocessamento no planejamento e na gestão do transporte urbano. As informações de declividade das vias têm por objetivo subsidiar as políticas de mobilidade, acessibilidade, segurança e eficiência no transporte urbano, visto que estas influenciam nas possibilidades dos deslocamentos veiculares. A seguir será detalhada toda a metodologia desenvolvida, bem como os resultados obtidos e apresentadas as conclusões do trabalho desenvolvido.

## 2 - METODOLOGIA

A metodologia geral é apresentada no fluxograma a seguir, apresentado na Figura 1.

**Figura 1.** Esquema geral da metodologia.



### 2.1- Preparação e pré-processamento dos dados

Considerando-se que a base de dados disponibilizada pela Prefeitura de Belo Horizonte contenha dados brutos do levantamento altimétrico laser, estes (dados brutos) não foram utilizados no presente projeto, pois caberia ao operador garantir a exata reprodução do processamento destes para a reprodução da superfície topográfica oficial do município. No entanto, esse processo este que depende de interpretações e configurações de ferramentas. Como solução, recorreu-se ao uso das informações oficiais de altimetria do município, ou seja, dos produtos finais da base cartográfica, tais como curvas de nível e pontos de cota do terreno. Assim, dentro dessa etapa foram necessárias alguns subprocessamentos a seguir detalhados.

#### 2.1.1 – Importação da base cartográfica de dados digitais de Belo Horizonte

A Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte (PRODABEL) forneceu um conjunto de folhas do mapeamento digital sistemático da base cartográfica de Belo Horizonte, cujo detalhe pode ser observado na Figura 2. Tais dados foram disponibilizados em formato DWG (AutoCAD) e organizados em níveis de

informação. Todos os arquivos foram abertos e mosaicados gerando-se um único arquivo, sendo na sequência realizada a seleção dos níveis de informação de interesse, a saber: curvas de nível (intermediárias e mestras) e pontos cotados.

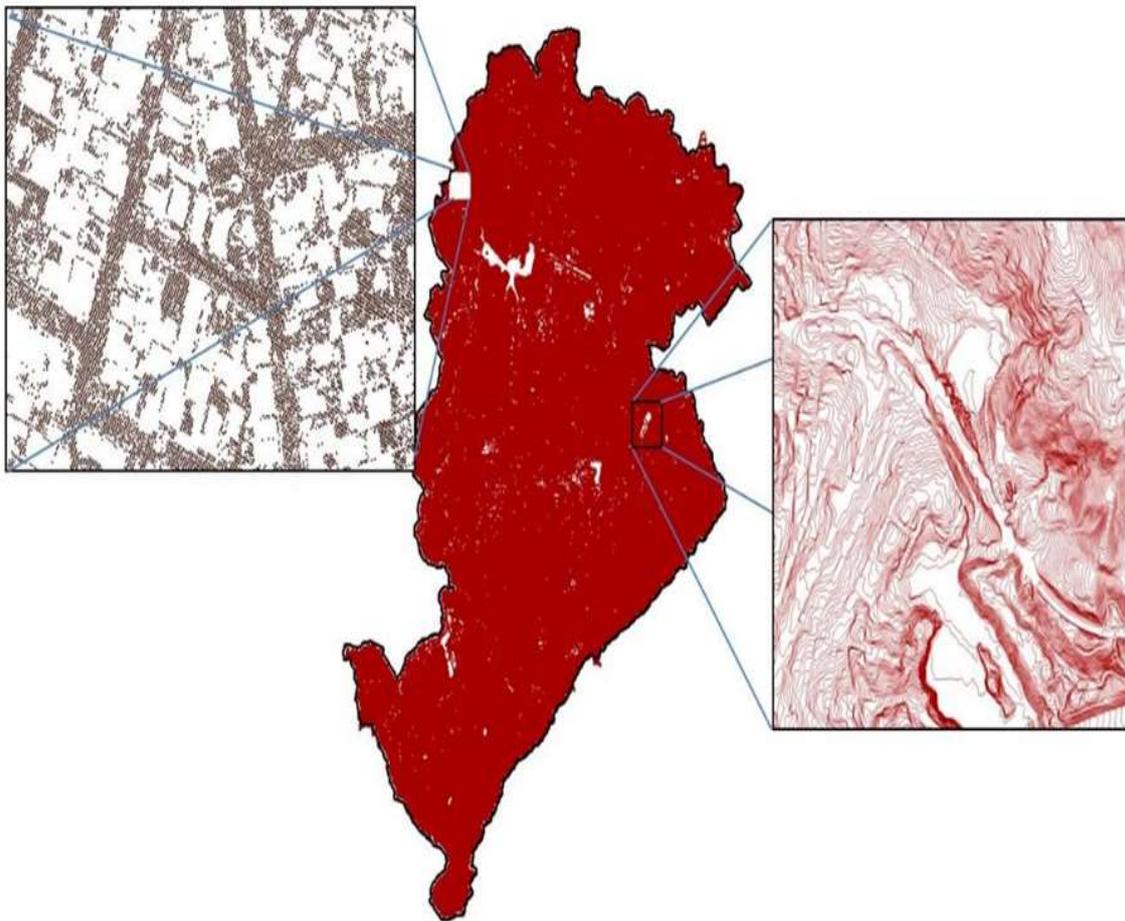
**Figura 2.** Detalhe da base cartográfica digital de Belo Horizonte.



### 2.1.2 – Filtragem dos dados de elevação do terreno

No processo de filtragem de elevação do terreno a partir da base cartográfica foram selecionadas as feições que continham atributos de elevação, sendo estas analisadas quanto à consistência de sua informação altimétrica. Em geral, os dados consistiam em feições lineares (polilinhas) referentes às curvas de nível e feições pontuais (símbolos) referentes aos pontos de cota no terreno. Contudo, vale ressaltar que os dados altimétricos de curvas de nível e de pontos cotados do mapeamento digital de Belo Horizonte-MG (ano 2008) utilizados neste trabalho apresenta falha na folha número 4761. Observou-se que o mapeamento apresentava uma lacuna, a qual foi preenchida com o uso dos pontos de terreno filtrados do levantamento laser (quadro em destaque à esquerda na Figura 3).

**Figura 3.** Curvas de nível com equidistância de um metro selecionadas da base cartográfica digital.

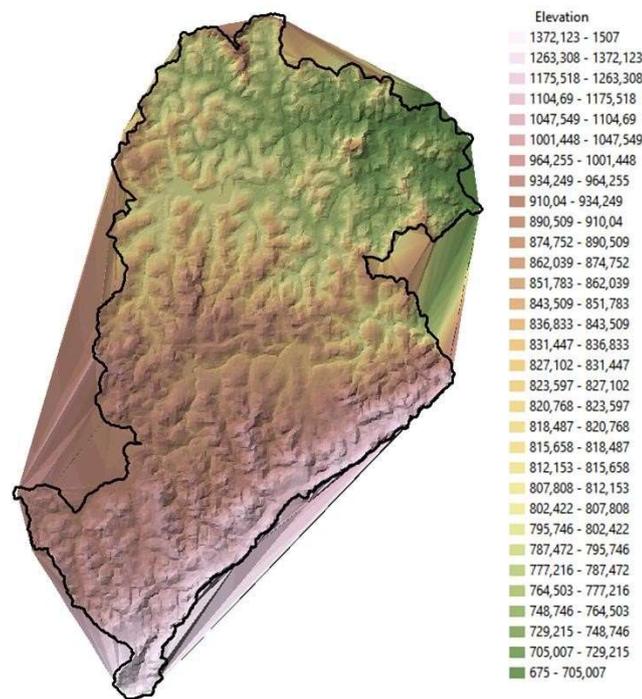


Analisando-se de modo mais rigoroso estes dados (Figura 3), foi possível identificar inconsistências altimétricas, tais como, a existência de valores de elevação de pontos cotados situados em cruzamentos de vias com grande discrepância em relação aos valores das curvas de nível adjacentes. Como solução, para tal inconsistência, tais pontos inconsistentes foram excluídos e não fizeram parte das feições que deram origem ao modelo de elevação do terreno.

## 2.2 – Construção do modelo digital do terreno

A construção do modelo digital de elevação foi consolidada pela integração dos dados altimétricos das curvas de nível, dos pontos cotados e dos pontos do mapeamento laser aerotransportado. O processamento deu origem a uma superfície topográfica contínua para todo o município de Belo Horizonte, para a qual foram derivados os mapas de declividade do terreno, o que pode ser observado na Figura 4.

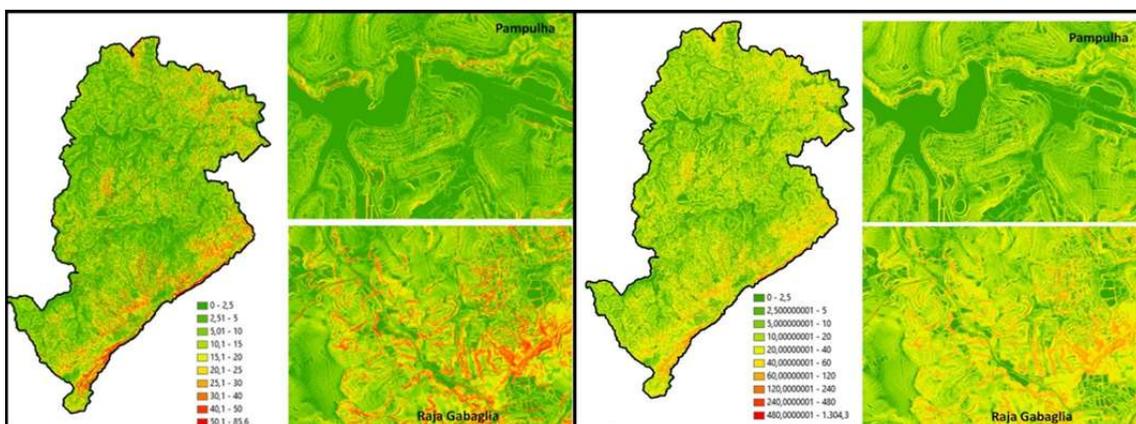
**Figura 4.** Superfície topológica construída a partir dos elementos com dados de elevação.



### 2.3 – Elaboração do mapa de declividade

A partir do modelo digital de elevação foi criado o mapa de declividade com a utilização da plataforma ArcGIS10.5 (ESRI, 2024), por meio da ferramenta Slope presente no pacote Spatial Analyst Tools. Slope é uma ferramenta de geoprocessamento usada para calcular a inclinação do terreno em cada célula em um conjunto de dados matriciais. Ela determina a taxa de mudança na elevação entre células vizinhas e a representa como um ângulo de inclinação em graus ou em porcentagem de inclinação. A Figura 5 apresenta uma visão geral do resultado expresso em ângulo e em porcentagem de rampa.

**Figura 5.** Mapa de declividade em graus decimais e em porcentagem do município de Belo Horizonte-MG.

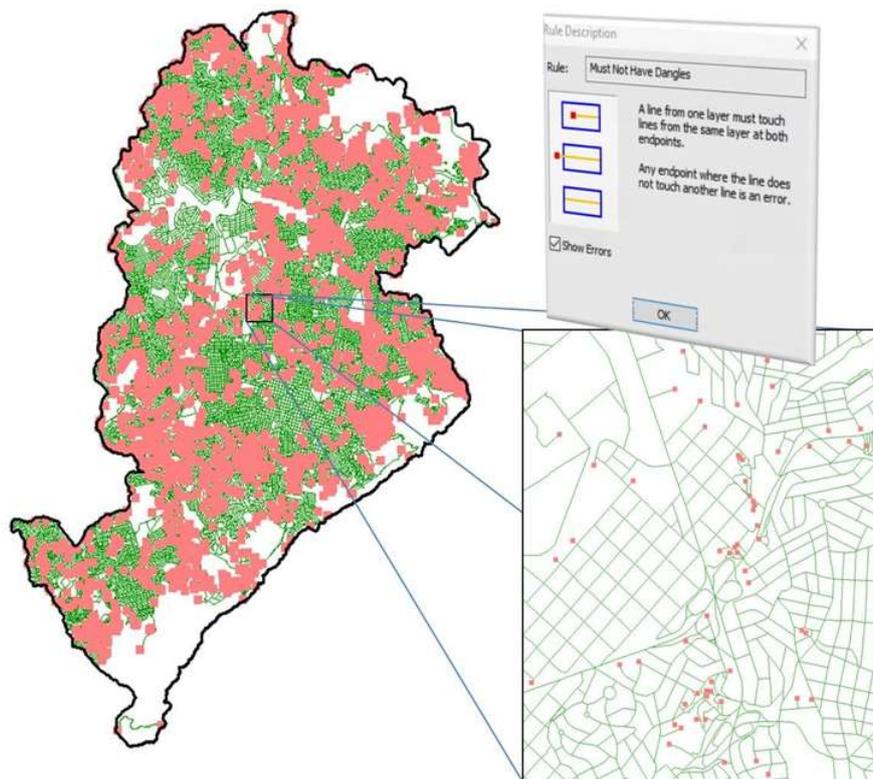


## 2.4 – Filtragem topológica da malha viária

A malha viária fornecida pela BHTrans recobre quase a totalidade do município de Belo Horizonte, apresentando os logradouros seccionados em geral por quarteirões, fazendo a correspondência das informações de numeração postal mínima e máxima de cada segmento. Há, contudo, segmentos longos e que não puderam ser seccionados em partes menores pois isto acarretaria inconsistência para com a base viária original. Vale ressaltar que o objetivo do projeto foi o de acrescentar informações altimétricas e de declividade na base viária oficial do município e não o de editar esta base e criar produto novo.

A base viária contém originalmente 22 campos de atributos quando analisada na forma tabular. Embora com boa qualidade, a malha viária passou por um teste de consistência topológica à fim de detectar a ocorrência de lacunas (*gaps*) e de sobras (*dongles*). Foram encontrados e corrigidos os vértices que apresentaram problemas, sendo realizada a consistência topológica tal coimo demonstrado na figura 6. O processo de correção foi efetuado de forma automática e consistiu no prolongamento das vias que apresentavam lacunas e no recorte das vias que apresentavam sobras dentro de uma tolerância de 1 metro.

**Figura 6.** Análise topológica das conexões dos segmentos da malha viária.



## 2.5 – Processamento das altitudes e das declividades das vias

Para que as novas informações pudessem ser adicionadas à base de dados tabular das vias, 10 novos campos foram adicionados aos 22 campos já existentes (vide Quadro 1). Nestes novos campos foram calculados o comprimento de cada segmento medido sobre a superfície topográfica, as elevações mínima, média e máxima de cada segmento e as declividades mínima, média e máxima medidas em graus decimais e em porcentagem de rampa para cada segmento.

**Quadro1.** Novos campos adicionados ao banco de dados geográficos da malha viária.

SLength	Double
elevacao_min	Float
elevacao_med	Float
elevacao_max	Float
decliv_perc_min	Float
decliv_perc_med	Float
decliv_perc_max	Float
decliv_grau_min	Float
decliv_grau_med	Float
decliv_grau_max	Float

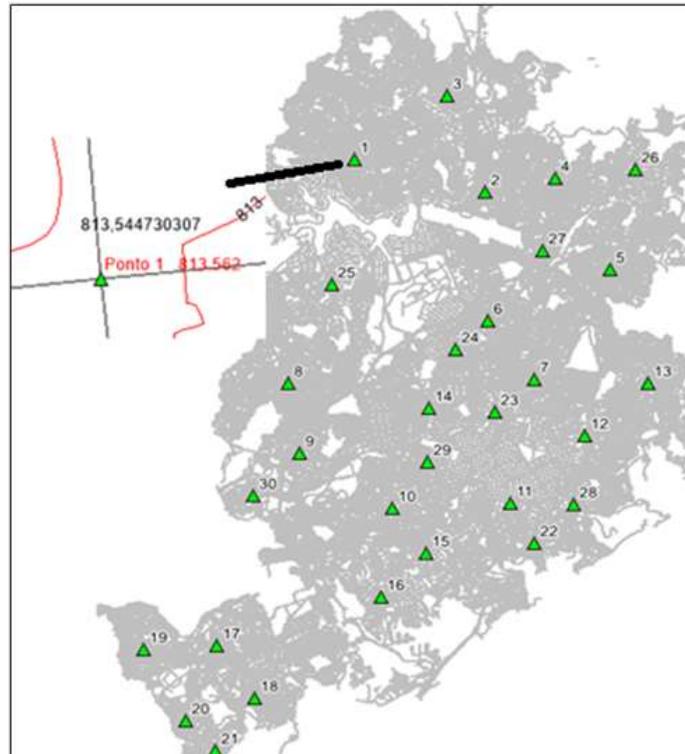
## 2.6 – Avaliação do produto final gerado

Para a validação das declividades e do mapa gerado para as vias foram utilizados o mapa fonte (mapa de curvas de nível) e o mapa de declividades das vias, sendo comparadas as altitudes em uma base em confronto com a outra. Considerou-se assim, as seguintes fontes de dados para efeito de comparação e validação:1) a base cartográfica digital das curvas de nível como a base de referência (BRef), da qual foram extraídas as altitudes consideradas como confiáveis para as bases cartográficas na escala 1:1.000 (equidistância entre curvas de nível de 1 m por 1 m, de uma amostra de 3º pontos, conforme figura 7, onde consta-se a distribuição dos pontos e um detalhe de um ponto considerado na amostra, o ponto 1, para o qual na base de transportes este possui o valor da altitude de 813,545 m e na base cartográfica o valor de altitude 813,562 m); 2) base cartográfica de transportes (BTr) como a resultante do processamento desse projeto e onde constam as altitudes máxima e mínima extraídas da base cartográfica digital apresentada na figura 8.

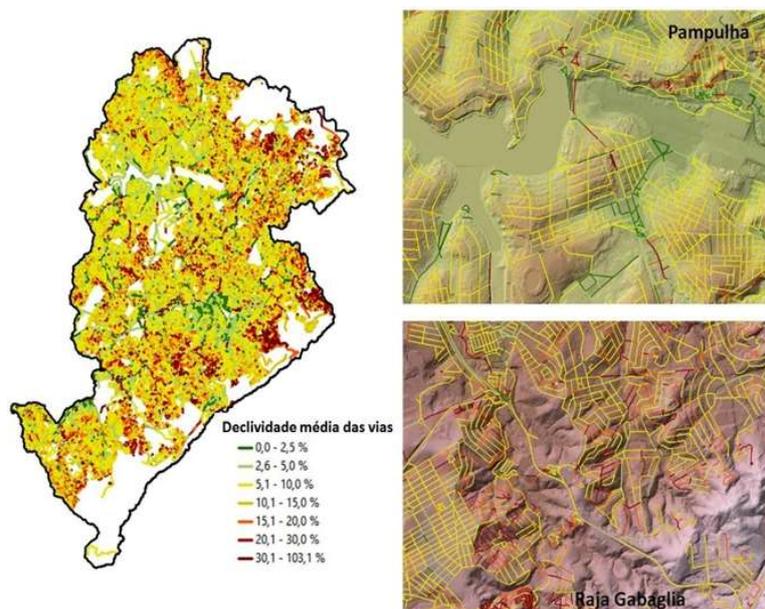
Na análise estatística foi utilizada uma amostra de 30 pontos (vide Figura 8) considerando-se os erros padrão (EP) e os parâmetros das normas brasileira. Conforme DSG (2011, 2016) e BRASIL (1984) tem-se que no Capítulo II do decreto nº 89.817 de 20

de junho de 1984, o controle de qualidade do produto final, abrange o t3pico relacionado 3 a altimetria, onde tem-se que 90 % dos pontos interpolados e testados no terreno n3o dever3o resultar em erro superior ao PEC (padr3o de exatid3o cartogr3fico) altim3trico estabelecido.

**Figura 7.** Amostragem de 30 pontos de cruzamento de via e detalhe de um ponto de controle.



**Figura 8.** Base cartogr3fica de transportes (BTr) com informa33es de declividades m3dias das vias por segmento.



Essas normas no que se referem às classes estabelecidas apresenta-se no Quadro 2, adaptado por Nero (2022), onde apresenta-se um resumo dos parâmetros do PEC e respectivos EP (erro padrão) para a altimetria.

**Quadro 2.** Resumo dos parâmetros estabelecidos pela norma de controle de qualidade geométrica de documentos cartográficos

Classe	Altimetria	
	PEC	EP
A	1/2 Eq	1/3 Eq
B	3/5 Eq	2/5 Eq
C	3/4 Eq	1/2 Eq

Fonte: NERO (2000) adaptado de BRASIL (1984)

Onde: PEC=Padrão de exatidão cartográfica, EP=Erro padrão e Eq= equidistância das curvas de nível.

No Quadro 2, baseado em DSG (2011, 2016) e BRASIL (1984), a primeira coluna, com as letras A, B e C, indica as possíveis classes segundo o decreto nº 89.817 de 20 de junho de 1984, e as demais apresentam os parâmetros quantitativos de PEC e EP estabelecidos em termos de altimetria. Para calcular o valor em termos reais deve-se multiplicar o valor da tabela pelo módulo da altimetria pela equidistância das curvas de nível (1 m, para o caso analisado). Assim, no caso prático desse trabalho e considerando a altimetria tem-se para a classe A, os valores de 0,5 m para o PEC e 0,33 m para o EP.

Dando continuidade à análise, foi necessária a verificação do erro sistemático e do erro de precisão da amostra, sendo gerado o Quadro 3, onde tem-se as seguintes variáveis: PC = número do ponto de controle; H\_Base (m) = altitude da base cartográfica de referência em metros; H\_TR (m) = altitude da base de transportes em metros; DifH (m) = diferença entre o valor de H\_Base (m) e H\_TR (m);  $(H - \text{media})^2 = \text{DifH (m)} - \text{média dos valores de DifH (m)}$ , sendo essa diferença elevada ao quadrado.

Ao verificar Quadro 3, tem-se que apenas 2 pontos apresentaram diferenças superiores ao valor limite de 0,5 m, sendo este considerado aceitável do ponto de vista estatístico, já que em termos amostrais representam menos que 10 %.

Dando continuidade à análise foi aplicada a metodologia para os cálculos com base em Merchant (1982), Ariza-López (2002), Nero (2005), Cintra e Nero (2015), Nero et al. (2022). Dessa forma, foram obtidos os seguintes parâmetros, a saber: média dos erros das altitudes ( $\bar{\Delta H}$ ) = 0,03 m; desvio-padrão amostral ( $\sigma_H$ ) = 0,24 m; Zcalc (valor obtido da

estatística da amostra) = -0,492403; Ztab (valor padrão para comparação com o Zcalc e obtido da tabela estatística) = 1,644854; Xcal (valor do qui-quadrado da amostra) = 14,759055; Xtab (valor do qui-quadrado da estatística) = 39,087470.

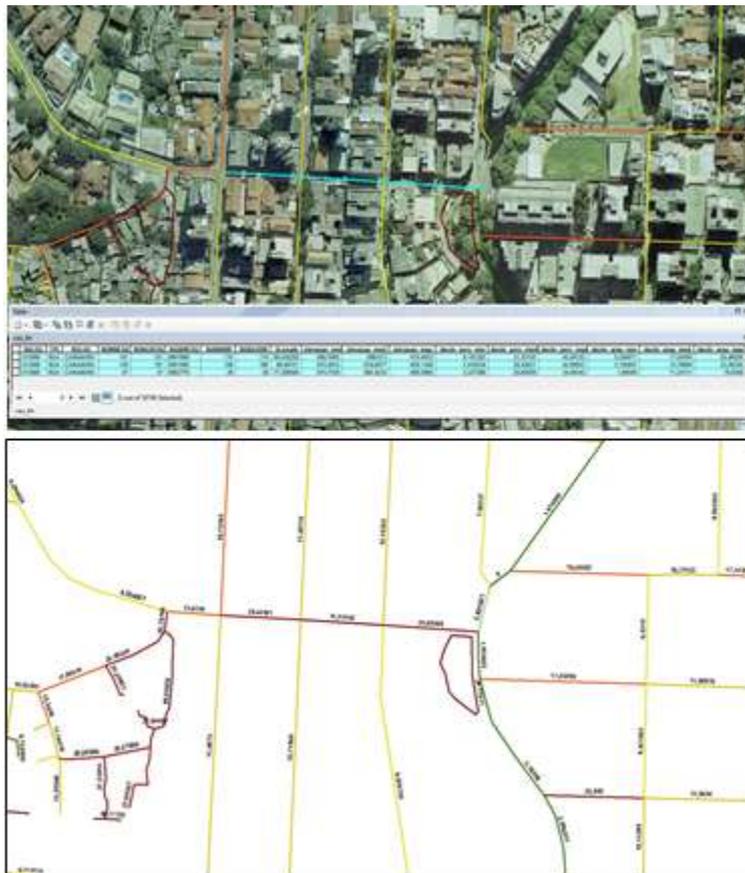
**Quadro 3.** Pontos de controle para a análise estatística para da avaliação da qualidade posicional da variável altimetria.

PC	H_Base (m)	H_TR (m)	DifH (m)	(H-mediaz)^2
1	813,5620	813,5450	0,0170	0,0022
2	818,5490	818,8330	-0,2840	0,0645
3	774,3170	774,3160	0,0010	0,0010
4	810,2140	810,2170	-0,0030	0,0007
5	801,2760	801,2120	0,0640	0,0088
6	814,5000	814,5640	-0,0640	0,0012
7	885,6370	885,5050	0,1320	0,0262
8	839,6180	839,6470	-0,0290	0,0000
9	900,6150	900,5610	0,0540	0,0071
10	913,5730	913,5790	-0,0060	0,0006
11	895,0650	895,0000	0,0650	0,0090
12	832,4790	832,4780	0,0010	0,0010
13	837,2410	837,8240	-0,5830	0,3058
14	880,6590	880,6650	-0,0060	0,0006
15	933,6690	933,8730	-0,2040	0,0303
16	907,4680	907,4770	-0,0090	0,0004
17	980,4180	980,4200	-0,0020	0,0008
18	1021,6400	1021,7400	-0,1000	0,0049
19	966,4710	966,4630	0,0080	0,0014
20	971,6100	971,6030	0,0070	0,0014
21	1016,3200	1016,3300	-0,0100	0,0004
22	965,0700	965,1190	-0,0490	0,0004
23	856,3140	856,4010	-0,0870	0,0033
24	823,1130	823,4540	-0,3410	0,0967
25	834,2950	834,2880	0,0070	0,0014
26	711,4380	711,8310	-0,3930	0,1318
27	813,2570	813,1870	0,0700	0,0100
28	946,4030	945,4790	0,9240	0,9101
29	903,3800	903,5140	-0,1340	0,0108
30	966,3080	966,2530	0,0550	0,0072

### 3 – RESULTADOS

Os resultados gráficos obtidos referem-se ao mapa de declividades das vias em porcentagem, os quais podem ser visualizados com detalhe com a sobreposição sobre as ortofotos do município de Belo Horizonte-MG, tal como pode ser observado na Figura 9.

**Figura 9.** Representação gráfica e tabular das vias e seus atributos (declividade média em %).



De modo a certificar a qualidade do mapa de declividades de vias produzido, conforme já explicado no item 2.6, foi realizado o processo de controle de qualidade do produto obtidos, sendo os resultados apresentados e descritos a seguir, permitindo-se realizar as seguintes análises de resultados obtidos correspondentes ao erro sistemático e a análise da precisão.

Ao analisar o erro sistemático, aponta-se se existe ou não o deslocamento do valor real, sendo que para que a verificação seja livre deste tipo de erro,  $|Z_{\text{calc}}| < |Z_{\text{tab}}|$ . Como  $|Z_{\text{calc}}| < |Z_{\text{tab}}|$ , pois  $|-0,492403| < |1,644854|$ , conforme apresentado no item 2.6, NÃO existe erro sistemático e pode-se proceder para a verificação da precisão.

Já na Análise da precisão, aponta-se se o erro encontrado configura estatística que indica que a precisão da amostra atende ou não ao parâmetro exigido, sendo que para que o produto analisado seja aceito  $X_{\text{cal}} < X_{\text{tab}}$ . Como  $X_{\text{cal}} < X_{\text{tab}}$ , pois  $14,759055 < 39,087470$ , o produto analisado pode ser considerado como ACEITO para a aplicação proposta, conforme apresentado no mesmo item 2.6.

#### 4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O material foi compilado na plataforma ESRI ArcGIS (ESRI, 2024) e todos produzidos os dados foram disponibilizados em formato Geodatabase (base de dados geográficos). A malha viária final foi também disponível em formato SHP, nativo o ArcGIS e que pode ser utilizado em outros sistemas de informação geográfica, incluindo os abertos e de uso gratuito, tal como o QGIS e o GVSIG. As imagens referentes ao Modelo Digital de Elevação, Mapa de Declividades em % e Mapa de Declividades em graus decimais foram disponibilizados também em formato TIF.

Pelos resultados obtidos nas análises da qualidade posicional do produto avaliado e realizadas tem-se que o mapa de vias com as declividades e voltado para a área de transportes, baseado na análise quantitativa realizada é conforme e atende plenamente ao seu propósito em termos de qualidade cartográfica posicional final. A malha viária com atributos de declividade e distância inclinada das vias foi incorporada a plataforma BHMmaps da Prefeitura de Belo Horizonte, e tem sido utilizada para estudos de novos trechos para ciclovias, estudos de otimização da operação de coleta de resíduos sólidos (BELO HORIZONTE, 2017), e também em investigações acadêmicas sobre mobilidade urbana (CARDOSO et al. 2019).

Por fim, certifica-se que essa metodologia aplicada na sua íntegra aqui apresentada, pode ser replicada em qualquer outro projeto na área de transportes com as mesmas características.

#### 5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGELATS, Eduard et al. Enhanced Seamless Indoor–Outdoor Tracking Using Time Series of GNSS Positioning Errors. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 13, n. 3, p. 72, 2024. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2220-9964/13/3/72/pdf>> Acesso em: 5 mar. 2024.

ARIZA-LÓPEZ, Francisco Javier. **Calidad en la producción cartográfica**. Ra-ma, 2002. BANVILLE, Simon. Improved convergence for GNSS precise point positioning. 2023. Disponível em: <<https://unbscholar.lib.unb.ca/bitstreams/e066167a-8190-4030-9c8c-bb0e09ace1e0/download>> Acesso em: 5 mar. 2024.

BRASIL. **Decreto nº 89.817 de 30 de março de 1983**. Normas para o controle de qualidade de documentos cartográficos. Brasília, Diário Oficial da União, 1984. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1980-1989/d89817.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/d89817.htm)>. Acesso em: 5 mar. 2024.

BELO HORIZONTE. Limpeza urbana está garantida mesmo em ruas íngremes de BH. Prefeitura de Belo Horizonte. 2017. Disponível em:

<https://prefeitura.pbh.gov.br/noticias/limpeza-urbana-esta-garantida-mesmo-em-ruas-ingremes-de-bh>. Acesso em: 20 out. 2018.

CARDOSO, Leandro; CARVALHO, Izabela Ribas Vianna; NUNES, Nilson Tadeu Ramos. Caminhabilidade como instrumento de mobilidade urbana: reflexões sobre a realidade de Belo Horizonte. **Revista dos Transportes Públicos**. Associação Nacional dos Transportes Públicos, v.41, 2019. Disponível em: <<https://files.antp.org.br/2019/7/29/rtp152-5.pdf>> Acesso em: 6 mar.2024.

CINTRA, Jorge Pimentel; NERO, Marcelo Antonio. New method for positionalcartographicqualitycontrol in digital mapping. **Journal of surveying engineering**, v. 141, n. 3, p. 04015001, 2015. <[https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)SU.1943-5428.0000141](https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)SU.1943-5428.0000141)>Acessoem: 5 mar. 2024.

DSG-Diretoria do Serviço Geográfico. **Especificação técnica para a aquisição de dados geoespaciais vetoriais (ET-ADGV). versão 2.1.3**. Ministério da Defesa, Exército Brasileiro, Departamento de Ciência e Tecnologia. Brasília-DF, 2ª edição, 2011. Disponível em: <[https://bdgex.eb.mil.br/portal/media/adgv/ET\\_ADGV\\_Vs\\_2\\_1\\_3.pdf](https://bdgex.eb.mil.br/portal/media/adgv/ET_ADGV_Vs_2_1_3.pdf)> Acesso: 5 mar. 2024.

DSG-Diretoria do Serviço Geográfico. **Norma da Especificação técnica para a aquisição de dados geoespaciais vetoriais de defesa da Força Terrestre (ET-ADGV Defesa F Ter 1ª Parte), versão 1.1 – março 2016**. Ministério da Defesa, Exército Brasileiro, Departamento de Ciência e Tecnologia. Brasília-DF, 2ª edição, 2016. Disponível em: <[https://docs.ufpr.br/~deni\\_ern/CD2020/A1/ET\\_ADGV\\_2a\\_Edicao\\_2016\\_Textual\\_Anexo\\_A\\_Assinado.pdf](https://docs.ufpr.br/~deni_ern/CD2020/A1/ET_ADGV_2a_Edicao_2016_Textual_Anexo_A_Assinado.pdf)> Acesso: 5 mar. 2024.

ESRI, 2024 - ArcGIS: Software. Disponível em <<http://www.esri.com/software/arcgis/index.html>>. Acessado em: 10 de mar. 2024.

HUANG, Guanwen; DU, Shi; WANG, Duo. GNSS techniques for real-time monitoring of landslides: a review. **SatelliteNavigation**, v. 4, n. 1, p. 5, 2023. Disponível em: <<https://link.springer.com/content/pdf/10.1186/s43020-023-00095-5.pdf>> Acesso em: 5 mar. 2024.

MACEDO, Diego Rodrigues; UMBELINO, Glauco. EVOLUÇÃO DA URBANIZAÇÃO EM BELO HORIZONTE (1918-2000) E RELAÇÕES ESPACIAIS COM OS INDICADORES SÓCIODEMOGRÁFICOS. **Cadernos do LESTE**, v. 10, n. 10, 2010a. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/caderleste/article/download/12795/10083>> Acesso em: 5 mar. 2024.

MACEDO, Diego Rodrigues; UMBELINO, Glauco. Validação de informações intercensitárias (1991-2000) em escala intra-urbana em Belo Horizonte. **Cadernos do LESTE**, v. 10, n. 10, 2010b. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/caderleste/article/download/12794/10082>> Acesso em: 5 mar. 2024.

MENDES, Izabela Aparecida da Silva. O uso de geotecnologias na organização do espaço. **Cadernos do Leste**, v. 19, n. 19, 2019. Disponível em:

<<https://periodicos.ufmg.br/index.php/caderleste/article/download/13157/10398>>  
Acesso em: 5 mar. 2024.

MERCHANT, Dean C. Spatial accuracy standards for large scale line maps. In: **Proceedings of the technical congress on surveying and mapping**. 1982. p. 222-231.

NERO, Marcelo Antonio. **Propostas para o controle de qualidade de bases cartográficas com ênfase na componente posicional**. 2005. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-04112005-110341/publico/TeseDrAnexoDV5.pdf>> Acesso em: 5 mar. 2024.

NERO, Marcelo Antonio; PEREIRA, Túlio Áullus Jó; RAMOS, Marcos de Paulo. controle de qualidade posicional de ortoimagens a partir de imagens de satélite de boa resolução espacial de acordo com PEC-PCD. *Revista Contemporânea*, v. 2, n. 6, p. 1235-1251, 2022. Disponível em: <<https://www.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/download/328/236>> Acesso em: 5 mar. 2024.

OLIVEIRA, Leise Kelli de; NOBREGA, Rodrigo Affonso Albuquerque; COELHO, Pedro de Souza. Exploring the Transport Landscape in Belo Horizonte, Brazil. *Latin American Transport Studies*, v. 1, p. 100001, 2023. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S295002492300001X>> Acesso em: 5 mar. 2024.

PEREIRA, Henrique de Medeiros; BESSA, José Elievam; DE ALBUQUERQUE NOBREGA, Rodrigo Affonso. Geospatial-based decision support system for prioritizing road segments for maintenance and rehabilitation. **Case Studies on Transport Policy**, p. 101170, 2024. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213624X24000257>> Acesso em: 5 mar. 2024.

TANG, Jun et al. SINS/GNSS Integrated Navigation Based on Invariant Error Models in Inertial Frame. **IEEE Sensors Journal**, 2024. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/iel7/7361/4427201/10379036.pdf>> Acesso em: 5 mar. 2024.

WU, Xuerui et al. A review of GNSS-R/SoOP-R for essential hydrological climate variables detection. **Geomatics and Information Science of Wuhan University**, v. 49, n. 1, p. 1-14, 2024. Disponível em: <<http://ch.whu.edu.cn/en/article/doi/10.13203/j.whugis20220685>> Acesso em: 5 mar. 2024.

YASYUKEVICH, Yury V.; ZHANG, Baocheng; DEVANABOYINA, VenkataRatnam. Advances in GNSS Positioning and GNSS Remote Sensing. **Sensors**, v. 24, n. 4, p. 1200, 2024. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1424-8220/24/4/1200/pdf>> Acesso em: 5 mar. 2024.