UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE NORMATIZAÇÃO BRASILEIRA E ESTADO-UNIDENSE APLICADO À VIABILIDADE DE RODOVIAS

Guilherme Vieira Almeida
Matrícula: 11721ECV010
Professor(a) orientador(a): Raquel Naiara Fernandes Silva

Uberlândia
2023

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE NORMATIZAÇÃO ESTADO-UNIDENSE E BRASILEIRA APLICADO À VIABILIDADE DE RODOVIAS

Guilherme Vieira Almeida, Raquel Naiara Fernandes Silva

Os Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental – EVTEA são fundamentais para construção de grandes obras porque identificam a alternativa mais viável para a sociedade dentre as possíveis soluções elencadas preliminarmente. Visando avaliar os resultados dos estudos de viabilidade para implantação de rodovias seguindo o "Manual de Projetos Geométricos de Rodovias Rurais", norma brasileira, e seguindo o documento "*A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*", norma estado-unidense, realizou-se um estudo de caso no qual, por meio do *software* Autodesk InfraWorks, gerou-se dois projetos otimizados para uma rodovia que ligasse Nova Resende - MG a Alpinópolis – MG, sendo que em cada um dos projetos utilizou-se uma das duas normas. Os resultados demonstram que as orientações e os valores de referências existentes nas duas normas são bem próximos, uma vez que os valores de comprimento da rodovia, custo e traçado dos dois projetos foram pouco divergentes.

Palavras chave: Norma técnica; projeto; rodovias; traçado; viabilidade; DNIT; AASHTO.

The Technical, Economic and Environmental Feasibility Studies – EVTEA are fundamental for the construction of large works because they identify the most viable alternative for society among the possible solutions listed preliminarily. In order to evaluate the results of the feasibility studies for the implementation of highways following the "Manual de Projetos Geometricas de Rodovias Rurais", the Brazilian regulation norm, and following the document "A Policy on Geometric Design of Highways and Streets", the US regulation norm, a case study was carried out in which, through the Autodesk InfraWorks software, two optimized projects were generated for a highway that connected Nova Resende - MG to Alpinópolis - MG, so that each of the projects was based on if one of the two norms. The results showed that the existing guidelines and reference values in the two standards are very close, since the values for the length of the road, cost and geometric design of the two projects were not very different.

Keyword: Technical norm; project; highways; geometric design; viability; DNIT; AASHTO

1 INTRODUÇÃO

A matriz de transporte no Brasil é predominantemente rodoviária, representando aproximadamente 96,2% da matriz de transporte de passageiros e 61,8% da matriz de transporte de cargas, o que torna a rede rodoviária parte fundamental nas cadeias produtivas, uma vez que que ela conecta fornecedores, indústria e comércio.

Por oferecer possibilitar entrega porta a porta e o transporte de vários tipos de produto com agilidade, o modo rodoviário passou a predominar no transporte do Brasil, em especial a partir das décadas de 50 e 60, período em que ocorreu grande avanço da indústria automobilística no país e o governo federal decidiu adotar o modal rodoviário como principal meio de transporte no Brasil. (CNT, 2019).

Assim sendo, a capacidade de desenvolver economicamente de uma região está diretamente ligada ao tamanho e a qualidade da sua malha rodoviária. O que evidencia a necessidade de investimentos constantes na ampliação e melhoria da malha brasileira por meio de grandes obras rodoviárias.

Nesse contexto, deve-se ressaltar que, conforme determina a legislação vigente, as obras de infraestrutura de transportes, consideradas de grande vulto (acima de R$ 20 milhões), devem ser precedidas de Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental – EVTEA, que compreende o conjunto de estudos necessários à verificação da existência de viabilidade técnica, econômica e ambiental para a execução de uma determinada obra de infraestrutura de transportes ou conjunto delas. A avaliação busca verificar se os benefícios estimados justificam os custos com os projetos e execução das obras previstas (DNIT, 2009).

Nos Estudos de Viabilidade Econômica de uma nova rodovia todas as análises são feitas tendo a premissa de que a nova estrada atenda aos critérios da normatização de projetos rodoviários em vigor. No Brasil essas normas e informações essenciais para a elaboração dos projetos estão reunidas no Manual de Projeto Geométrico de Rodovia Rurais de 1999 do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – DNER, autarquia federal brasileira existente entre os anos de 1937 e 2001 cujas atribuições foram então transferidas à Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) e ao Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), este último ficando responsável pelas rodovias federais que continuaram sob administração da União (DNIT, 2022).

Na construção do Manual de Projeto Geométrico de Rodovia Rurais, um dos documentos que serviram de referência técnica foi a norma estado-unidense *A Policy on*

Geometric Design of Highways and Streets, elaborada pelo AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) em 1994*,* que era a norma vigente nos Estados Unidos para a elaboração de projetos rodoviários quando a norma brasileira foi desenvolvida. Esse documento é um manual de referência abrangente que auxilia nos esforços de administração, planejamento e educação pertinentes a criação de projetos rodoviários nos Estados Unidos. Essa norma já recebeu diversas revisões, sendo a última delas lançada em 2018 (AASHTO, 2011).

Ao realizar a análise da viabilidade de uma rodovia é importante fazer um estudo inicial por meio da criação de uma proposta de rodovia que atenda aos critérios pré-estabelecidos. Para isso existem *softwares* capazes de fazer essa concepção de rodovia, sendo que alguns desse *softwares* destacam-se por utilizarem a metodologia BIM (Building Information Modeling, ou Modelagem da Informação em português), que consiste em uma combinação de processos, tais como planejamento, gerenciamento, coordenação, de projeto (todos os níveis), e de visualização de todas as fases de uma construção desde a sua concepção até o produto final acabado (EASTMAN et al. 20011).

Outro avanço tecnológico que se destaca no potencial de auxiliar a tomada de decisão na Construção Civil e na análise de viabilidade é o Sistema de Informação Geográfica – SIG, uma tecnologia de armazenamento, avaliação e tratamento de dados espaciais, não espaciais e temporais (SILVA, 1998). Sendo muito útil sempre que umas das características relevantes do dado é a sua localização (referência espacial).

O propósito deste trabalho é, portanto, comparar a viabilidade econômica de um trecho de rodovia em duas situações. Na primeira ele será projetado conforme as normas brasileiras e na segunda ele será projetado segundo as normas estado-unidenses. No processo estimar os custos de projeto e execução do trecho de rodovia será avaliado a utilização do *software* InfraWorks, o qual faz uso da tecnologia BIM e é capaz de criar uma proposta de rodovia de acordo com as especificações desejadas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 INTEGRAÇÃO SIG E BIM

O Sistema de Informação Geográfica — SIG é uma ferramenta computacional que permite a associação entre determinado dado ou informação e seu posicionamento espacial, o

que torna possível, em um processo de tomada de decisão, fazer uso de poderosos recursos visuais e de indexação espacial com outros dados, aumentando a capacidade de entendimento do que ocorre no meio em que se decide (GUERRA, 2007). É importante destacar que um SIG não é um aplicativo isolado, mas sim uma tecnologia que envolve diversos componentes, tais como *software*, *hardware*, dados, operadores e metodologias. Esses componentes se interagem possibilitando armazenar, manipular e analisar uma riqueza de dados e informações espaciais (COUTO, 2012).

Já o BIM (Building Information Modeling, ou Modelagem da Informação em português) é um processo, uma metodologia na qual um modelo virtual preciso de uma edificação é construído de forma digital. Quando completo, o modelo gerado computacionalmente contém a geometria exata e os dados relevantes, necessários para dar suporte a construção, a fabricação e ao fornecimento de insumos necessários para a realização da construção. Assim o BIM é capaz de gerar redução de custos, de erros, e de tempo de execução do projeto, o que por sua vez promove uma melhoraria geral nos resultados alcançados (EASTMAN et al. 2011).

O grande potencial do uso conjunto do SIG e BIM está na integração da informação sobre os dados físicos e funcionais extraídos de *softwares* de modelagem BIM do edifício, rodovia, barragem ou outro produto da construção civil, com os dados de âmbito urbano (inclusive socioeconômicos) contidos nas bases em SIG (ALMEIDA e ANDRADE, 2015).

Enquanto o BIM tem foco específico na edificação, o SIG coloca essa edificação dentro de um contexto existente, considerando as particularidades da região em que a edificação se encontra. Assim, o objetivo da integração SIG e BIM é conectar a escala do edifício à escala da cidade (PRZYBYLA, 2010).

2.2 ESTUDO DE VIABILIDADE

Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental (EVTEA) de infraestrutura rodoviária, segundo o DNIT (2009), é o conjunto de estudos desenvolvidos para avaliação dos benefícios sociais e econômicos decorrentes dos investimentos em implantação, pavimentação de novas rodovias, ou melhoramentos nas rodovias já existentes, comparando alternativas de soluções de projeto, com a identificação dos respectivos impactos ambientais decorrentes. O EVTEA identifica a alternativa técnica, ambiental e economicamente mais viável dentre as disponibilizadas para a análise.

Umas das mais importantes etapas do EVTEA é o estudo de traçado que é realizado nas fases preliminares do projeto. Traçado é a linha que constitui o projeto geométrico da via em planta e perfil. Esse estudo pode ser subdividido em duas etapas: reconhecimento e exploração. A etapa de reconhecimento é destinada a escolha de um itinerário por onde se possa gerar o melhor traçado, que resulte em uma alternativa técnica e economicamente viável, já a etapa de exploração visa o detalhamento desse itinerário para a obtenção de uma planta altimétrica. Neste estudo além dos pontos iniciais e finais, poderão ser estabelecidos pontos intermediários, sendo os pontos obrigatórios de condição, que são de ordem sociais, econômica ou estratégica e os pontos obrigatórios de passagem, na qual são de ordem técnica (LEE, 2008).

Segundo Lee (2008), o trabalho de reconhecimento pode ser efetuado de diferentes formas, sendo os principais processos de reconhecimento os exames de mapas e cartas da região, inspeção in loco, exames de fotografias aéreas, de cartas imagens de radar e imagens obtidas por satélite. Dentre essas formas, a inspeção in loco é o processo mais eficiente para reconhecimento da área atingida pelo traçado, contudo, nos últimos anos a utilização de imagens expandiu-se à medida que evoluiu a tecnologia de captação, armazenamento e disponibilização de imagens atualizadas, com resoluções maiores e a um custo mais acessível.

2.3 NORMATIZAÇÃO

Norma é o documento estabelecido por consenso e aprovado por um organismo reconhecido, que fornece regras, diretrizes ou características mínimas para atividades ou para seus resultados, visando à obtenção de um grau ótimo de ordenação em um dado contexto (ABNT, 2023).

As normas asseguram as características desejáveis de produtos e serviços, como qualidade, segurança, confiabilidade, eficiência, bem como respeito ambiental.

2.3.1 **DNIT – Manual de Projeto Rodoviário**

O Manual de Projeto Rodoviário foi elaborado pelo DNER em 1994 como uma forma de revisar e atualizar as normas até então vigentes que estavam presentes no documento “Instruções para Projeto Geométrico de Rodovias Rurais” de 1979. O Manual traz uma revisão geral das tabelas gráficos e fórmulas constantes das instruções e normas em vigor, de modo a

agrupá-las e tornarem seu uso mais simples. Assim nele se encontram as informações essenciais para a elaboração do projeto geométrico de rodovias rurais (DNER, 1999).

2.3.2 **AASHTO – A Policy on Geometric Design of Highways and Streets**

O documento intitulado "*A Policy on Geometric Design of Highways and Streets* - Política de Desenho Geométrico de Rodovias e Ruas" de 2011 é um abrangente manual para ser usado de referência que foi elaborado para auxiliar nas iniciativas administrativas, de planejamento, e educacionais pertinentes a elaboração de projetos rodoviários. Esse documento substituiu a norma de mesmo nome de 2004 e já sofreu uma atualização em 2018, quando foi lançado um documento outra vez com o mesmo nome e que está em vigor até o presente momento (AASHTO, 2011).

2.3.3 **Divergências normativas**

Ao comparar as duas normas verificou-se que a maior parte dos valores de referências apresentados no "Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais – 1999" são os mesmos presentes no documento "*A Policy on Geometric Design of Highways and Streets* - 2011" conforme era esperado, uma vez que a principal referência utilizada na elaboração do Manual foi a norma da AASHTO de mesmo nome de 1994. Ainda assim, foram verificadas algumas divergências entre alguns valores e critérios, os quais são apresentados a seguir.

2.3.3.1 Distância de Visibilidade de Parada

Distâncias de visibilidade referem-se ao comprimento da rodovia, em extensão contínua, que é visível ao usuário, em sua frente, sendo considerada um dos fatores mais importantes para a segurança e eficiência operacional de uma estrada e tendo forte impacto na escolha da velocidade de projeto e no traçado da rodovia. As distâncias de visibilidade básicas consideradas no projeto rodoviário são as distâncias de visibilidade de parada, que possui caráter obrigatório, as distâncias de tomada de decisão e as distâncias de ultrapassagem. Essas duas últimas possuem apenas valores e critérios recomendados (DNER, 1999).

Distância de visibilidade de parada trata-se da distância que o veículo necessita para parar antes do obstáculo ao estar se deslocando com em uma via a uma determinada velocidade.

A Tabela 1 apresenta uma comparação entre os valores da norma a brasileira e da norma estadunidense. Verificou-se que nesse critério a norma da AASHTO apresenta maior critério de segurança, exigindo valores maiores de distância de visibilidade de parada.

Tabela 1: Valores mínimos de distância de visibilidade de parada

Vel. de projeto (km/h)	Brasil					Estados Unidos				
	Distância de visibilidade de parada (m)					Distância de visibilidade de parada (m)				
	greide					greide				
	-6%	-3%	0%	3%	6%	-6%	-3%	0%	3%	6%
30	30	30	30	30	30	35	35	35	31	30
40	45	45	45	40	40	70	50	50	45	44
50	60	60	60	55	55	92	70	65	61	59
60	80	75	75	70	65	116	92	85	80	77
70	105	95	90	85	85	144	116	105	100	97
80	125	120	110	105	100	174	144	130	123	118
90	155	145	130	130	120	207	174	160	148	141
100	180	165	155	145	140	243	207	185	174	167
110	210	190	180	165	160	281	243	220	203	194
120	240	220	205	190	180	323	281	250	234	223

Fonte: DNER (1999), AASHTO (2011)

2.3.3.2 Distância de Visibilidade de Ultrapassagem

Distância de visibilidade de ultrapassagem é a distância que deve estar disponível ao veículo para que ela faça um movimento de ultrapassagem em condições seguras quando estiver trafegando atrás de veículo mais lento numa pista simples e de mão dupla. Comparou-se os valores normatizados para a distância de visibilidade de ultrapassagem conforme está apresentado na Tabela 2 e notou-se que nesse parâmetro a norma brasileira apresenta valores recomendados superiores de distância de visibilidade de ultrapassagem, ou seja, apresenta uma margem de segurança maior.

Tabela 2: Valores de distância de visibilidade de ultrapassagem

	Brasil	Estados Unidos
Vel. de projeto (km/h)	Distância de visibilidade de ultrapassagem (m)	Distância de visibilidade de ultrapassagem (m)
30	180	120
40	270	140
50	350	160
60	420	180
70	490	210
80	560	245
90	620	280
100	680	320
110	730	355
120	800	395

Fonte: DNER (1999), AASHTO (2011)

2.3.3.2 Raio mínimo em função da superelevação máxima

Os raios mínimos de curvatura horizontal são os menores raios de curvas que podem ser percorridas com a velocidade de projeto e à taxa máxima de superelevação, em condições aceitáveis de segurança e conforto (DNER, 1999). Na Tabela 3 confrontou-se os valores apresentados na norma do DNIT e da AASHTO e averiguou-se que nesse critério a norma estado-unidense exige valores menores de raio mínimo.

Tabela 3: Valores de raio mínio em função da superelevação máxima

	Brasil					Estados Unidos				
Vel. de projeto (km/h)	Raio mínimo (m)					Raio mínimo (m)				
	$e_{máx}$(%)					$e_{máx}$(%)				
	4	6	8	10	12	4	6	8	10	12
30	30	25	25	25	20	22	21	20	19	18
40	60	55	50	45	45	47	43	41	38	36
50	100	90	80	75	70	86	79	73	68	64
60	150	135	125	115	105	135	123	113	105	98
70	205	185	170	155	145	203	184	168	154	143
80	280	250	230	210	195	280	252	229	210	194
90	355	320	290	265	245	375	336	304	277	255
100	465	415	375	345	315	492	437	394	358	328
110	595	530	475	435	400	-	560	501	454	414
120	755	665	595	540	490	-	756	667	597	540

Fonte: DNER (1999), AASHTO (2011)

2.3.3.3 Seção transversal

Segundo DNER (1999), seção transversal é a representação geométrica, no plano vertical, de alguns elementos dispostos transversalmente, em determinado ponto do eixo longitudinal da estrada. As principais propriedades da seção transversal de projeto são largura da faixa de rolamento, largura do acostamento, declividade transversal e largura do acostamento interno e externo.

Na Tabela 4 encontra-se uma comparação entre a norma do AASHTO e a do DNIT nos parâmetros principais da seção transversal de uma rodovia de Classe 0.

Tabela 4: Propriedades da seção transversal

	Declividade transversal	Superelevação Máxima	Largura da faixa de rolamento	Acostamento Externo / Interno	Canteiro Central
Brasil	1,5% ou 2%	10%	3,60m	3,5 / 1,20 - 0,60m	10 – 12m
Estados Unidos	2%	8%	3,60m	3,00 / 1,20m	11m

Fonte: DNER (1999), AASHTO (2011)

2.3.3.3 Superelevação

Superelevação pode ser definida como a inclinação da seção transversal de uma pista de rolamento (em relação ao eixo da estrada) com caimento para o lado interno da curva que tem o objetivo de compensar parte da força centrífuga que atua sobre os veículos ao percorrerem uma curva. A superelevação geralmente é expressa em % ou m/m. Quanto maior o raio da curva, menor o efeito da força centrífuga de modo que exista um ponto em que se torna dispensável o uso de superelevação (DNER, 1999). A Tabela 5 apresenta uma comparação dos valores de raio a partir dos quais é desnessário utilizar superelevação segundo as orientações do DNIT e da AASHTO.

Tabela 5: Valores de raio que dispensam o uso de superelevação

	Valores de Raio (m)							
Velocidade de projeto (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100
Brasil	450	800	1250	1800	2450	3200	4050	5000
Estados Unidos	443	784	1090	1490	1970	2440	2970	3630

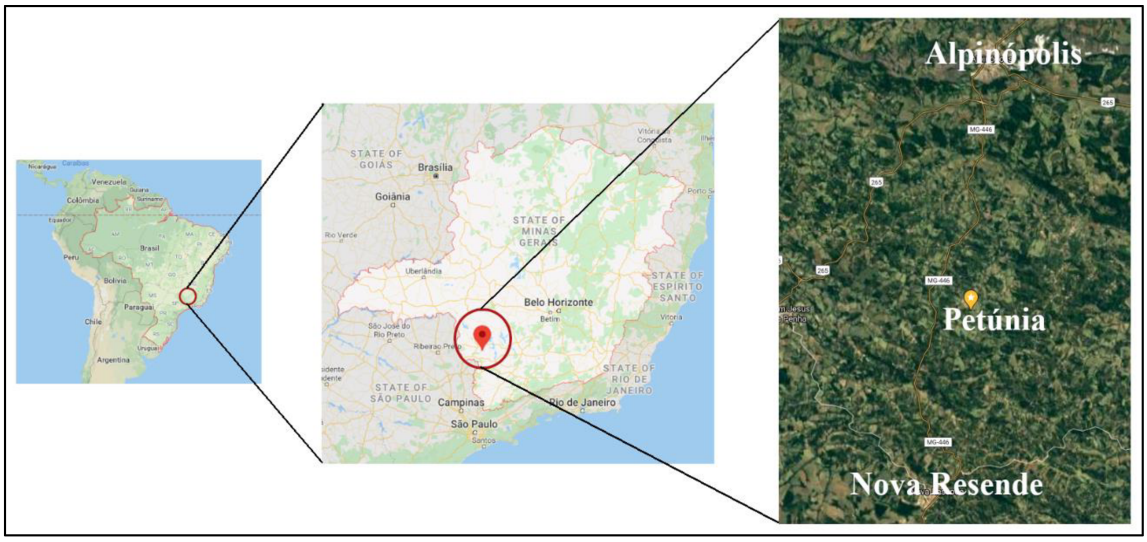
Fonte: DNER (1999), AASHTO (2011)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A situação escolhida para esse estudo de caso foi a ligação entre os municípios de Nova Resende e Alpinópolis, ambos do setor sudoeste do estado de Minas Gerais, como pode ser observado na Figura 2. O trecho da rodovia MG-446, que liga as duas cidades, com uma extensão de aproximadamente 29 Km, não é pavimentado e por isso dificulta a mobilidade de moradores da região, afetando principalmente os do distrito de Petúnia, em Nova Resende, cuja localização também pode ser observada na Figura 1.

Figura 1: Localização da área de estudo



Fonte: Almeida e Silva (2021).

A estrada é usada para escoar a produção de café e de outros produtos agrícolas dos municípios da região. Também é usado por estudantes e moradores entre as cidades. O acesso com asfalto é apenas pelas rodovias LMG-846 e BR-265, o que aumenta muito a distância para escoar essa produção seja na direção de Nova Resende, seja na direção de Alpinópolis (G1, 2020).

Ainda segundo G1 (2020), insatisfeitos com a situação, no dia 26 de janeiro de 2020 os moradores do distrito Petúnia realizaram um protesto contra a falta de pavimentação no trecho. A ideia dos manifestantes era cobrar os políticos e do Departamento de Estrados de Rodagem (DER-MG). Com esse intuito os manifestantes pararam máquinas agrícolas, tratores, caminhões e mais veículos ao longo da estrada. Cerca de 660 veículos participaram e depois seguiram em carreata até o distrito de Petúnia.

Um dos manifestantes, o produtor rural Samuel Inácio afirma que o DER-MG (Departamento de Edificações e Estradas de Rodagem de Minas Gerais) se comprometeu a fazer um estudo de viabilidade e de engenharia da rodovia. "Após esses estudos, a gente vai mobilizar todos os representantes políticos da nossa região. A gente está mobilizado, estamos reivindicando" (G1, 2020).

A maior parte do trecho da rodovia MG-446 que liga Nova Resende à Alpinópolis se localiza dentro do território de Nova Resende como observa-se na Figura 2. Esse município tem uma população de 15.624 habitantes. Seu relevo é predominantemente montanhoso. A altitude máxima encontra-se no Pico da Ibituruna, que chega aos 1350 metros e o ponto central da cidade está a 1252 m. Já sua economia gira principalmente em torno do cultivo de café e das indústrias têxteis (PREFEITURA DE NOVA RESENDE, 2022).

Figura 2: Mapa de Nova Resende - MG



Fonte: *Google Earth Pro* (2022).

3.2 *SOFTWARES*

3.2.1 *Google Earth Pro*

O *software Google Earth Pro* foi utilizado para fazer o reconhecimento da área e escolha dos pontos de início e fim do trajeto, os pontos intermediários e conhecer as edificações presentes ao redor da rodovia MG-446. O *software* permite visualizar imagens aéreas de uma região desejada com alta qualidade, além de possuir o recurso Street View que disponibiliza vistas panorâmicas de 360° na horizontal e 290° na vertical e permite que os usuários explorem virtualmente ruas e lugares ao redor do mundo.

3.2.2 Autodesk InfraWorks

O *software* de projeto conceitual de infraestrutura civil InfraWorks permite que os profissionais da AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção) modelem, analisem e visualizem seus conceitos de design dentro de um contexto real do ambiente natural e construído, melhorando a tomada de decisão e os resultados do projeto. O *software* possui uma versão gratuita para estudantes e foi o escolhido para realizar a integração dos dados geográficos.

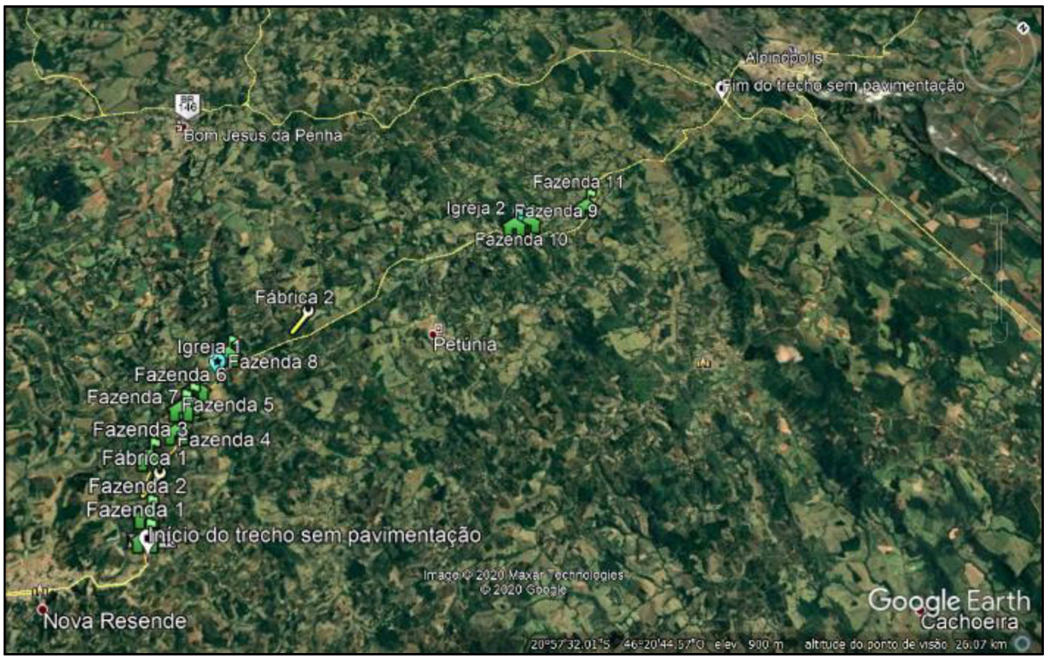
Para se trabalhar com a região de interesse foi utilizado o módulo “Gerador de Modelo” do InfraWorks, que segundo Batista (2015), utiliza dados do Modelo Digital de Elevação (MDE) gerado pela Missão Topográfica Radar Shuttle (SRTM) que possui 90 m de resolução vertical no território brasileiro e o resto do mundo (entre - 60 ° e + 60 ° de latitude), exceto os Estados Unidos, onde a resolução é de 30 m. Sobre o modelo de terreno está estendida a imagem de satélite do Microsoft Bing Maps. O processamento é realizado na nuvem após delimitação da área, que pode atingir até 200 km² (AUTODESK INFRAWORKS, 2022).

3.3 RECONHECIMENTO DA ÁREA

Para realizar o reconhecimento da área percorreu-se todo o trecho da rodovia MG-446 que liga Nova Resende à Alpinópolis por meio da ferramenta *Street View* presente no *Google Earth Pro* e marcou-se as edificações de maior relevância no trajeto obtendo-se ao final, 11 moradias ou conjunto de moradias próximas, que foram nomeadas como fazendas, 2 igrejas e 2 fábricas, como verifica-se na Figura 3. As edificações foram numeradas em ordem crescente

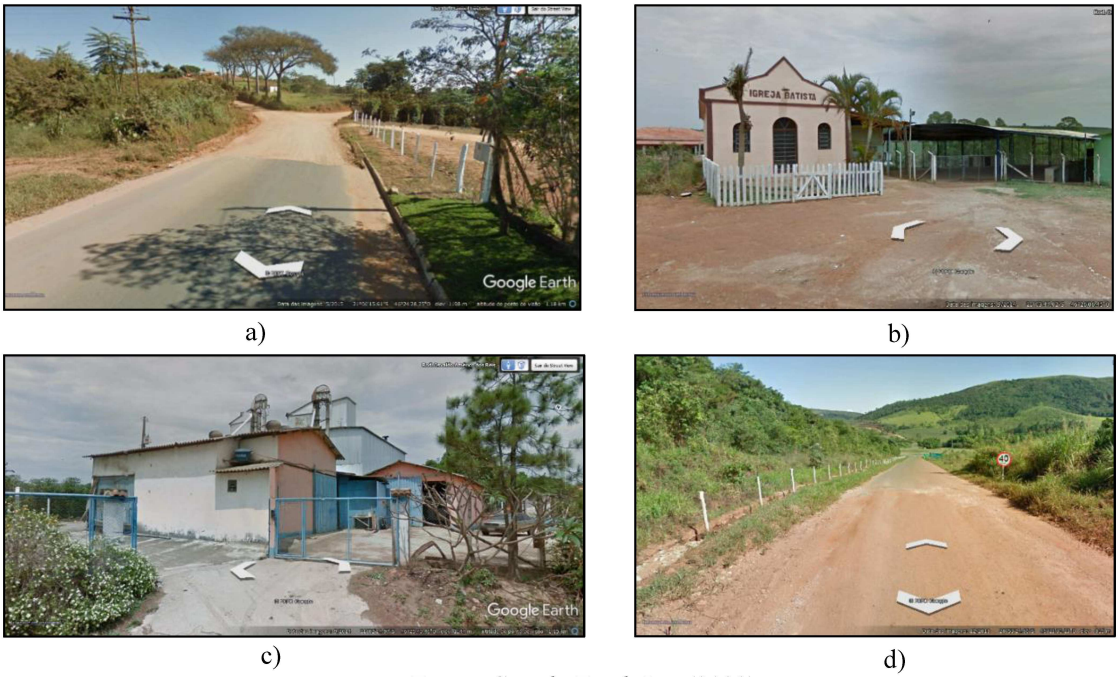
no sentido de Nova Resende para Alpinópolis. Na Figura 4 são mostradas algumas dessas edificações, além do início e fim do trecho sem pavimentação.

Figura 3: Edificações encontradas ao percorrer a MG-446 por meio do Street View



Fonte: *Google Earth Pro* (2022).

Figura 4: Ponto de interesse no trecho estudado de rodovia: a) ponto de início do trecho sem pavimentação; b) Igreja situada a margem da rodovia; c) Indústria situada a margem da rodovia; d) fim do trecho sem pavimentação.



a) b)

c) d)

Fonte: *Google Earth Pro* (2022).

3.4 INTEGRAÇÃO DOS DADOS SIG E BIM

Para realizar a integração dos dados foi elaborada inicialmente a modelagem tridimensional no Autodesk InfraWorks. Com a ferramenta "Gerador de Modelo", que permite selecionar uma área de estudo de até 200 Km^2, criou-se uma superfície tridimensional com aproximadamente 199 Km^2 no formato retangular que abrangesse a região de interesse.

Para implementar as edificações observadas no *Google Earth Pro* no modelo tridimensional utilizou-se a ferramenta "Edifício" para as fábricas e a ferramenta "Mobiliário Urbano" para as moradias e igrejas.

Observando o modelo tridimensional gerado no InfraWorks que possui sobre si a imagem de satélite do *Microsoft Bing Maps* foi possível encontrar muitas outras residências que não estão na margem da rodovia MG-446 e assim não foram observadas pela ferramenta *"Street View"* no *Google Earth Pro*, mas que também influenciam na escolha do traçado devido às problemáticas relacionadas às desapropriações. Então, optou-se por implementar residências sobre esses pontos para que o *software* tivesse ciência da existência dessas edificações e levasse em consideração o custo relacionado a desapropriações que seria necessário caso o traçado da rodovia a ser gerada passasse próximo a essas residências.

Para criar os traçados foi utilizada a ferramenta "Otimização do Corredor" do *Infraworks* que gera o traçado mais viável analisando os custos de construção, de terraplanagem, os custos com desapropriações e impactos ambientais associados. Cada projeto de otimização gera um relatório detalhado em PDF, com todas informações do projeto e uma estrada otimizada que você pode trabalhar no *Infraworks*.

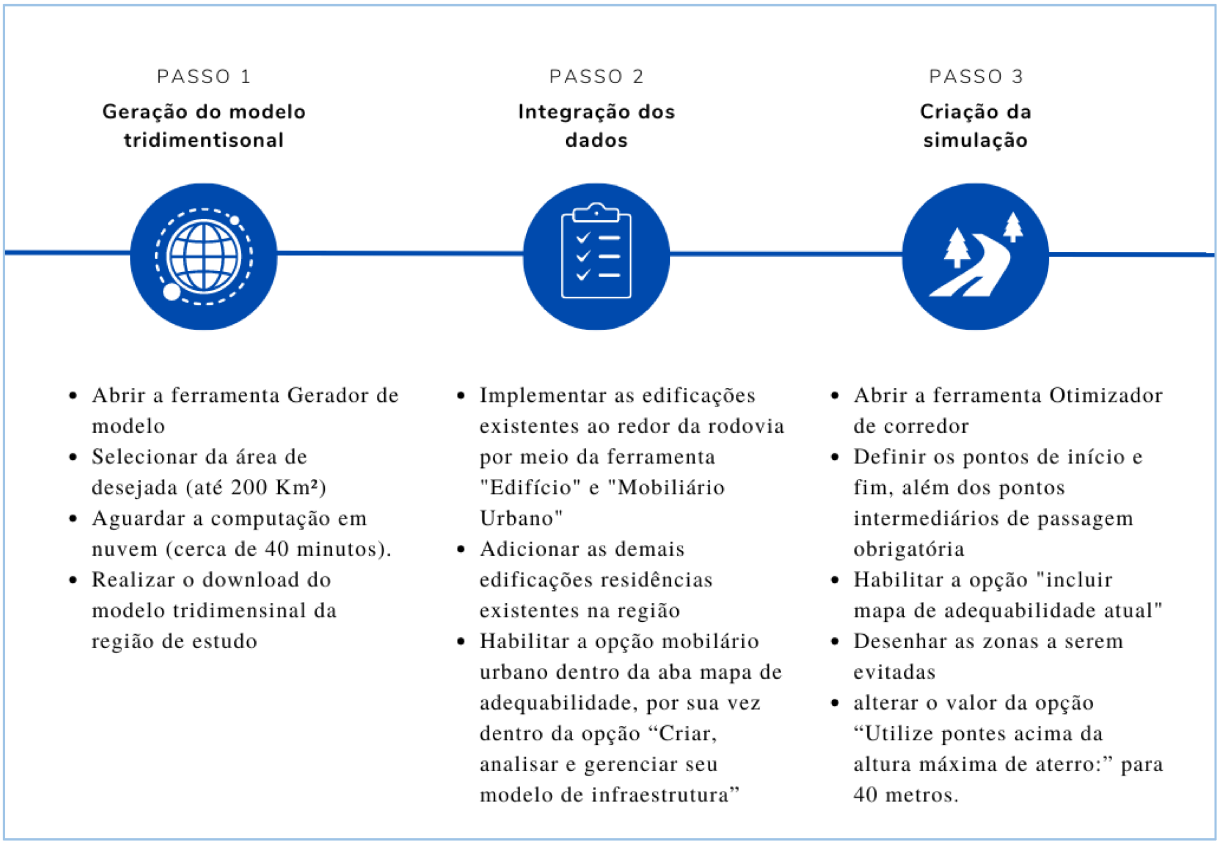
No processo de utilizar a ferramenta "Otimização do Corredor" fez-se alguns ajustes nas "Configurações avançadas". A velocidade de projeto adotada em nas duas simulações foi de 80 km/h. A opção "Caminho" foi ajustada com os pontos iniciais, finais e intermediários escolhidos, que são, o ponto onde inicia-se o trecho da rodovia MG-446 sem pavimentação, o distrito Petúnia e o ponto onde termina o trecho sem pavimentação, respectivamente. Já na aba "Zonas de custo & Mapa de adequabilidade" foi habilitada a opção "Incluir o mapa de adequabilidade atual".

Ainda na aba "Zonas de custo & Mapa de adequabilidade" foi utilizada a ferramenta "Desenhar zonas a serem evitadas" que permite solicitar que o traçado a ser criado não cruze determinadas regiões que o usuário deseja que sejam preservadas, sendo muito útil para áreas de proteção ambiental e áreas com importância histórica-social. Com essa ferramenta foi

requisitado ao *software* que os traçados evitassem a Serra de Ibituruna que é um ponto turístico da cidade e é considerada um importante patrimônio de Nova Resende, destacando-se por ser uma reserva de fauna e flora específica de campos de altitude com uma área total de 77,3819 hectares.

Na Figura 5 encontra-se um fluxograma que resume as etapas que foram realizadas no *software* para possibilitar geração das simulações.

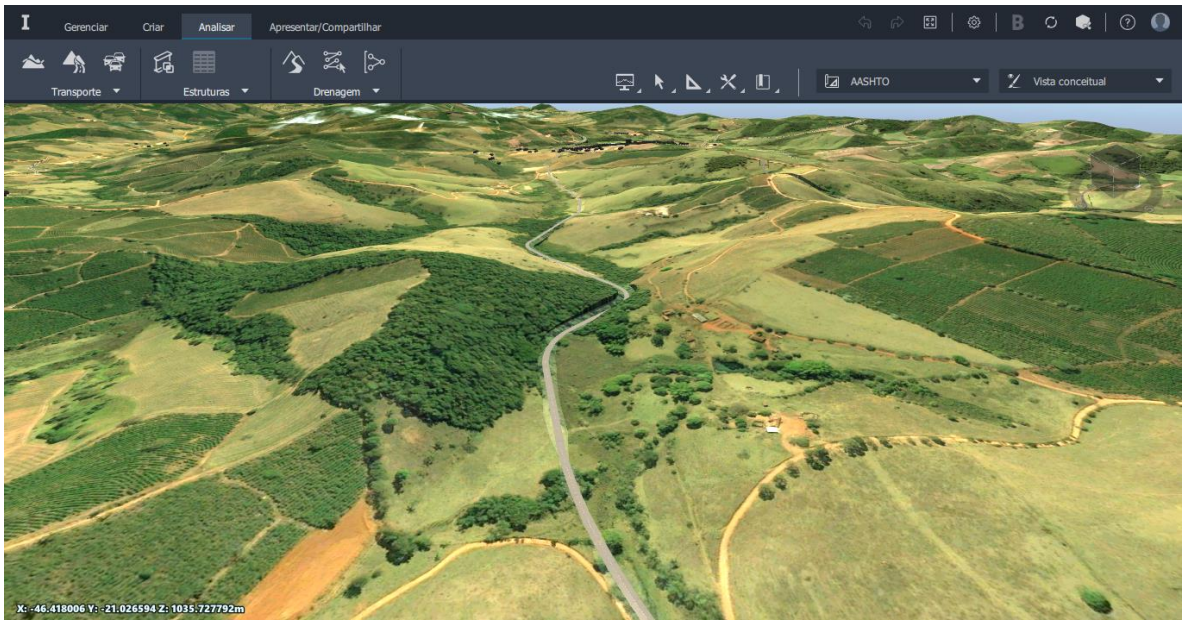
Figura 5: Fluxograma das configurações realizadas no *Infraworks*



Fonte: Autor (2023).

O *Infrawoks* gera dois arquivos para cada otimização solicitada ao *software*, um arquivo com a rodovia implementada sobre a o modelo tridimensional da região estudada e um relatório em pdf. Por meio do arquivo com o modelo tridimensional é possível visualizar a rodovia finalizada sobre o terreno natural da região, como pode ser observar na Figura 6. Já o relatório em pdf contém as principais informações dessa estrada, tais como vista superior do terreno e do traçado proposto, estimativa de custo de construção, de terraplanagem e total, extensão da rodovia, número de curvas horizontais e verticais, lista das coordenadas dos PI’s (Pontos de Intersecção) e PIV’s (Pontos de Intersecção Vertical), entre outros dados.

Figura 6: Trecho de uma rodovia gerada na fase de testes do *software*



Fonte: Adaptado de Autodesk *Infraworks* (2023).

Para estimar o custo da rodovia o *software* faz um levantamento de quantitativos para cada otimização solicitada e multiplica essa quantidade de cada material ou serviço pelo seu preço unitário indicado na tabela de preços do *Infraworks*, que pode ser alterada pelo usuário.

3.5 SITUAÇÕES SIMULADAS

Para realizar a análise proposta a velocidade de projeto adotada foi de 80 km/h, velocidade indicada no Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais para rodovias Classe 0 e relevo montanhoso. Foram realizadas duas simulações com a ferramenta "Otimizar Corredor" presente no *Infrawoks*, ambas com mesmo ponto inicial, intermediário e final, mas seguindo normas diferentes:

- Simulação 1: Segue as normas presentes no "Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais" do DNIT;
- Simulação 2: Segue as normas presentes no documento "*A Policy on Geometric Design of Highways and Streets"* da AASHTO;

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ANÁLISE COMPARATIVA

A partir dos relatórios das duas simulações (APÊNCIDE A e B) foi possível comparar os resultados obtidos. Inicialmente, comparou-se o comprimento e os custos estimados pelo *software*, em dólar, de construção e terraplanagem das estradas geradas nos dois casos, como verifica-se na Tabela 1.

Tabela 6: Comparação das rodovias obtidas na simulação 1 e 2.

Simulação	Comprimento (km)	Custo com a construção ($)	Custo com a terraplanagem ($)	Custo Total ($)
1	30,351	13.591.184,00	17.325.979,00	30.917.163,00
2	29,930	12.786.920,00	14.969.040,00	28.373.148,00

Fonte: Adaptado de Autodesk *Infraworks* (2023).

Na Figura 7 apresenta-se a comparação dos traçados em vista superior das rodovias geradas em cada simulação. Por meio desta é possível observar o alinhamento inicial e final, os PI's, os pontos de passagem obrigatória (Fixo), e a região que se indicou ao *software* que fosse evitada.

Verificou-se que os resultados das duas simulações foram bem próximos. Em termos de comprimento de rodovia a diferença foi de apenas 421 metros, aproximadamente 1,45%, já em termos de custo total a diferença, em dólar, foi de $ 2.544.015, cerca de 8,97%, sendo que a rodovia gerada segundo as normas do DNIT foi a mais cara, o que era esperado uma vez que nas divergências verificadas entre as duas normas, a norma do DNIT em geral apresenta um coeficiente de segurança maior, como é o caso da distância de visibilidade de ultrapassagem, no qual a norma brasileira exige maiores distâncias, do raio mínimo em função de cada superelevação máxima, em que a norma brasileira novamente determina medidas maiores, e dos valores de raio que dispensam a necessidade de superelevação, em que a norma do DNIT também exige valores maiores para que se garanta a segurança devida sem a necessidade de superelevação.

A semelhança dos traçados obtidos nas duas simulações é outro fator que confirma a proximidade entre as duas normas. Em geral, as soluções de percurso encontradas pelo *software* para atravessar o relevo da região com baixo custo de terraplanagem foram as mesmas nos dois

casos apresentando apenas algumas diferenças no raio de algumas curvas como verificado na Figura 7.

Figura 7: Comparação dos traçados: a) simulação 1; b)



Fonte: Adaptado de Autodesk *Infraworks* (2023).

A otimização de traçados propiciada pelo *Infraworks* evidenciou os benefícios da utilização da metodologia BIM para o estudo de projetos geométricos rodoviários. Conforme Batista (2015), a utilização do BIM no estudo de viabilidade mostra um enorme potencial, em especial quando aplicado no estudo de novos traçados. Conclusão semelhante à obtida por

Gosch, Luz, Scheer (2018), segundo o qual o *Infraworks* tem se mostrado eficaz para análises preliminares especialmente quando considerados os custos de implantação em fase de anteprojeto, e tem gerado resultados significativos na escolha de traçado com enfoque na redução de custos.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho analisou a aplicação integrada de SIG e BIM no estudo de traçado de um estudo de caso, que consistia na criação de uma rodovia entre os municípios de Nova Resende e Alpinópolis, e comparou a utilização da norma brasileira de projeto geométrico de rodovias e a norma estado-unidense nesse estudo de caso para avaliar o impacto das divergências verificadas entre as duas normas no custo e no comprimento da rodovia.

Nesse sentido, com auxílio do *software* Autodesk *Infraworks* gerou-se duas simulações com a mesma velocidade de projeto, os mesmos pontos de passagem obrigatória, mas sob normas diferentes e, consequentemente, obteve-se duas estradas com traçado, custos e comprimento distintos. A Simulação 1 foi criada respeitando o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais de 1994 e teve um custo estimado pelo *software*, em dólar, de $ 30.917.163,00. Já a Simulação 2 seguiu as instruções da norma *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets* de 2011 e teve um custo estimado de $ 28.373.148,00. Assim, verifica-se que os custos estimados ficaram próximos, conforme era esperado uma vez que a norma brasileira tem a norma estado-unidense como um dos seus referencias técnicos e há poucas divergências entre elas.

Utilizou-se dois *softwares* para alcançar os resultados mencionados no trabalho. O *Autodesk Infraworks*, que é um *software* que utiliza a metodologia BIM, foi utilizado para modelar, analisar e visualizar a rodovia proposta dentro do contexto do ambiente natural e construído da região. Já o *Google Earth Pro*, que se caracteriza uma ferramenta computacional SIG uma vez que possibilita a associação entre determinado dado ou informação e seu posicionamento espacial, foi utilizado para coletar informações do local no qual se pretendia construir a estrada.

Sugere-se, para pesquisas futuras utilizar a ferramenta “Otimização de Corredor” do *Infraworks* em uma rodovia que tenha sido construída recentemente e que se tenha conhecimento do custo da obra para comparar e dar maior validade aos custos estimados pelo *software*. Outra sugestão de trabalho refere-se a propor um levantamento do preço unitário no

Brasil de cada item presente na tabela de preços do *Infraworks*, de modo que os valores estimados pelo *software* ao gerar as simulações de rodovias se aproximem do cenário brasileiro.

REFERÊNCIAS

AASHTO. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. 2011. Amercian Association of State Highway and Transportation Officials. Washington.

ABNT. **Sobre a Normalização**. Disponível em: https://www.abnt.org.br/normalizacao/sobre. Acesso em: 12 jan. 2023.

ALMEIDA, Fernando; ANDRADE, Max. A integração entre BIM e GIS como ferramenta de gestão urbana. **VII Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção (TIC 2015), Recife**, 2015.

ALMEIDA, Guilherme Vieira; SILVA, Raquel Naiara Fernandes. **Integração entre SIG e BIM em projetos de infraestrutura de transportes**. In: III MOSTRA SEECIV, 3., 2021, Uberlândia. Anais [...]. Uberlândia: PET Civil UFU, 2021. p. 63-68. Disponível em: https://179749d9-50ce-4dc8-beb2-6e88a9fb5332.filesusr.com/ugd/55fc8b_86566deff79a4513a5bd09f02485053e.pdf. Acesso em: 12 jan. 2023.

AUTODESK INFRAWORKS. **Autodesk Infraworks 2022**. 2022.1. [*S. l.*], 2022. Disponível em: https://www.autodesk.com/products/infraworks/overview?plc=IW360P&term=1-YEAR&support=ADVANCED&quantity=1. Acesso em: 4 mar. 2022.

AUTODESK INFRAWORKS. **Relatório de otimização do corredor**: id de rastreamento: V2024A05114171, data: 21-01-2023. [S.I.]: Autodesk, 2023.

AUTODESK INFRAWORKS. **Relatório de otimização do corredor**: id de rastreamento: : V2024A08363787, data: 21-01-2023. [S.I.]: Autodesk, 2023.

BATISTA, Michel Jean. **Integração de SIG e BIM no estudo de viabilidade de rodovias: estudo de caso do prolongamento da PR-419**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

CNT - Confederação Nacional de Transporte. **Pesquisa CNT de rodovias 2019: relatório gerencial**. Brasília, CNT: SEST: SENAT, 2019. Disponível em: http://pesquisarodovias.cnt.org.br/. Acesso em: 04 fev. 2022.

COUTO, Ricardo Arendt Stiebler. **O uso de ferramentas de geoprocessamento para o gerenciamento de bens patrimoniais e prediais**. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

DNIT. **Institucional: apresentação**. Apresentação. 2022. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/acesso-a-informacao/institucional. Acesso em: 16 dez. 2022.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestruturas de Transportes, **Estudos De Viabilidade Técnica, Econômica E Ambiental**, 2010. Disponível em:<http://www.dnit.gov.br/download/planejamento-e-pesquisa/planejamento/estudos-deviabilidade/lcs-097-2010-solic-public-texto-evtea-site-dnit.pdf > Acesso em: 10 fev. 2022

DNER. **Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais - 706/20**. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

EASTMAN, C. *et al.* **BIM Handbook**: a guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. Hoboken: John Wiley & Sons, 2011.

G1**. Moradores protestam para pedir asfalto na MG-446, entre Alpinópolis e Nova Resende, MG.** 2020. Disponível em: https://g1.globo.com/mg/sul-de-minas/noticia/2020/01/27/moradores-protestam-para-pedir-asfalto-na-mg-446-entre-alpinopolis-e-nova-resende-mg.ghtml. Acesso em: 26 de jun. 2020.

GUERRA, Higor de Oliveira. **Análise para o desenvolvimento de um sistema de gerência de banco de dados geográficos de infraestrutura de transporte**. 2007. 162 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Tecnologia, Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

GOOGLE EARTH PRO. **Google Earth Pro 2022**. 7.3.3.7699. [*S. l.*], 2022. Disponível em: https://www.google.com.br/earth/download/gep/agree.html. Acesso em: 18 mar. 2022.

GOSCH, A. C.; LUZ, C. C.; SCHEER, S. AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE SISTEMAS BIM PARA ESTUDO DE UM TRAÇADO RODOVIÁRIO. **1º Simpósio de Transportes do Paraná 2º Seminários em Aeroportos e Transporte Aéreo 2º Urbanidade Livro de resumos e trabalhos completos**, p. 101, 2018.

LEE, Shu Han. **Introdução ao Projeto Geométrico de Rodovias**. Florianópolis: UFSC, 2008. 434 p. (3ª edição).

PREFEITURA DE NOVA RESENDE**. Conheça a Cidade - História da cidade de Nova Resende**. Disponível em: https://www.novaresende.mg.gov.br/a-cidade/conheca-a-cidade. Acesso em: 26 de jun. 2022.

PRZYBYLA, J. The Next Frontier for BIM: Interoperability With GIS. Journal of Building Information Modeling. Washington, USA: The National Institute of Building Sciences: 14-18 p. 2010.

SILVA, Antonio Nelson Rodrigues da. **Sistemas de Informações Geográficas para planejamento de transportes**. 1998. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

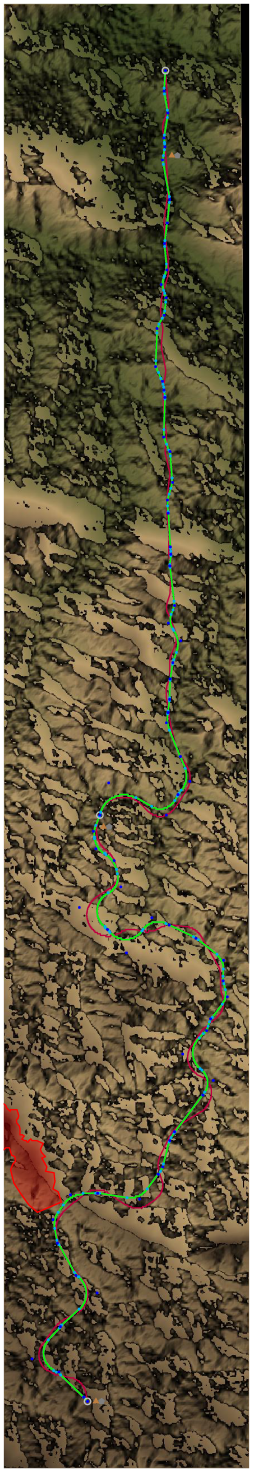
APÊNDICE A
SIMULAÇÃO 1

AUTODESK

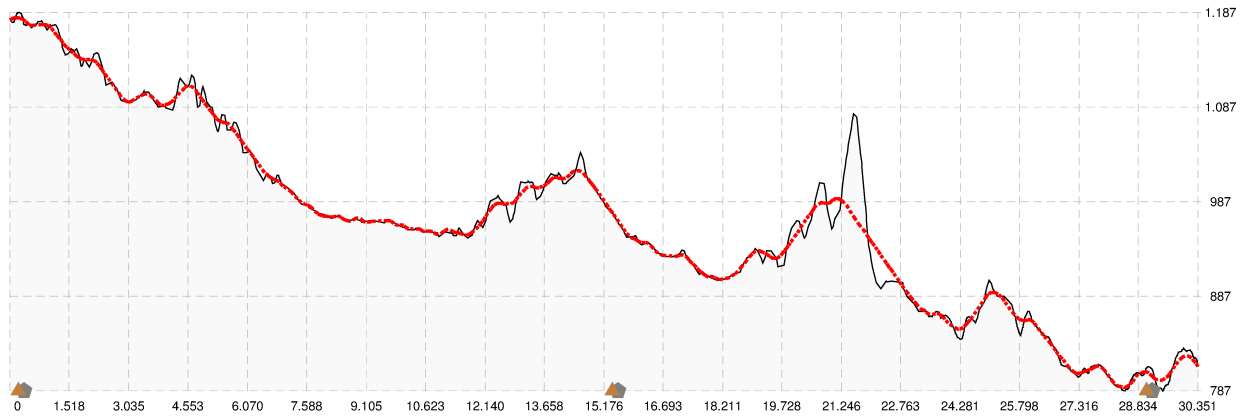
Autodesk InfraWorks

Relatório de otimização do corredor

ID de rastreamento: V2024A05114171, Data: 21-01-2023



Alinhamento final; Alinhamento inicial; PI; Fixo; PC/PT; Zona a ser evitada; Poço de despejo; Banco de areia;



Perfil da estrada; Poço de despejo; Banco de areia; Escala de elevação 24,1 : 1

1. Informações de alinhamento

Unidade linear:	meter	Raio mínimo:	280,89
Velocidade do projeto:	80	Super elevação mínima:	4,00 %
Largura da fiada:	15,10	Número de PIs e curvas:	74

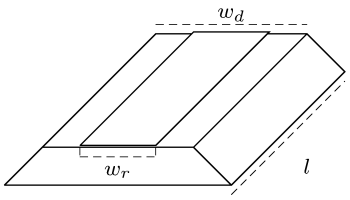
2. Informações de perfil

Custo total do projeto:	$ 30.917.163	Número de PVIs:	207
Unidade linear:	meter	Grau máximo:	6,00 %
Velocidade do projeto:	80	Grau de drenagem solicitado:	0,00 %
Comprimento:	30.351,11	Espaçamento mínimo de PVI:	50,00

3. Informações da Construção

Custo total de construção:[1]	$ 13.591.184	Altura máxima de aterro antes da ponte:	40,00
Número de pontes:	0	Profundidade máxima de corte antes do túnel:	N/A
Número de túneis:	0	Amostra de distância da linha:	25,00
Número de retenções:	0		

3.1. **Informações do assembly da estrada.** O custo de construção para uma amostra de subseção de linha com uma amostra de montagem é de l vezes o custo da estrada por unidade linear.



l : Amostra de distância da linha
w_r : Largura da estrada
w_d : Largura de referência

Custo da estrada por unidade linear meter:[2]	$ 447,79	Inclinação de corte de luz natural:	0,33
Largura da estrada:[3]	7,20	Inclinação do aterro com luz natural:	0,33
Largura de referência:	10,20		

[1] Os custos de construção são calculadas em cada amostra de linha, usando uma montagem selecionada ou um estilo e uma amostra de linha para o comprimento de uma subseção da construção. Os cálculos de custo individuais para montagens diferentes são explicados abaixo. O custo total de construção é a soma dos custos das subseções individuais.

[2] O custo por unidade linear da estada é $w_r \cdot (0.3 \cdot C + 0.7 \cdot A) + D + S + L + G$, em que C é o custo do pavimento de cimento por unidade quadrada, A é o custo por unidade quadrada do pavimento de asfalto D será o custo para a drenagem, S para letreiros, L para iluminação e G para sinalização por unidade linear.

[3] A largura da estrada é o número de pistas da estrada multiplicado pela largura da pista da estrada. Ela não inclui a largura dos canteiros centrais, calçadas, etc.

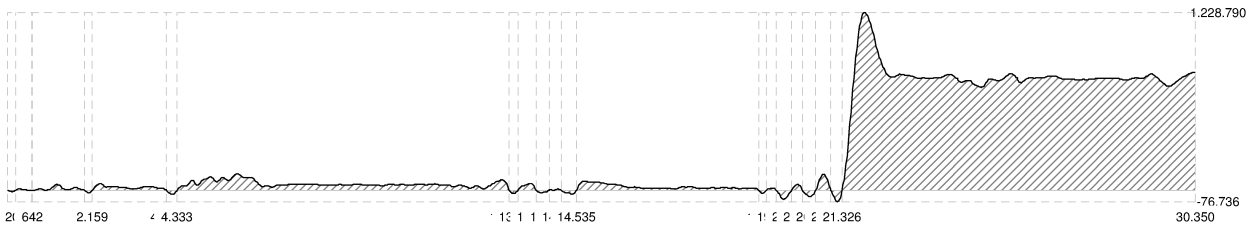
4. Informações de Terraplanagem

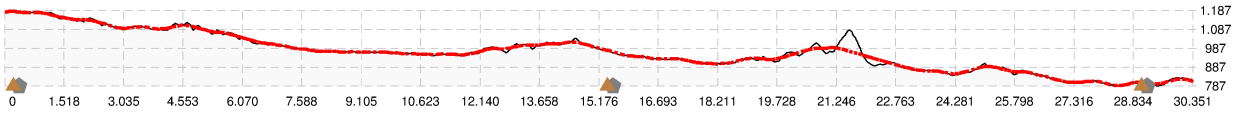
Custo total de terraplanagem:	$ 17.325.979	Comprimento máximo do corte:	1.517,56
Núm de seções de terraplanagem:	20	Núm de poços de resíduos:	3
Núm de subseções de terraplanagem:	1.234	Número de poços concedidos:	3
Núm. stratum:	1	Largura da fiada:	15,10

4.1. **Terraplanagem para a Camada Strata 1.**

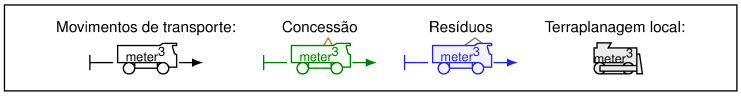
Corte cum.:	1.706.450,19	Custo de escavação:	$ 3,06
Aterro cum.:	1.706.450,19	Custo da carga:	$ 1,87
Volume líquido:	0,00	Custo de reboque (por km):	$ 2,40
Unidade de Volume:	cúbico meter	Custo de aterro:	$ 4,41
Nome da camada:		Custo de despejo:	$,98
Fator de reutilização:	1,00	Custo da concessão:	$ 2,75

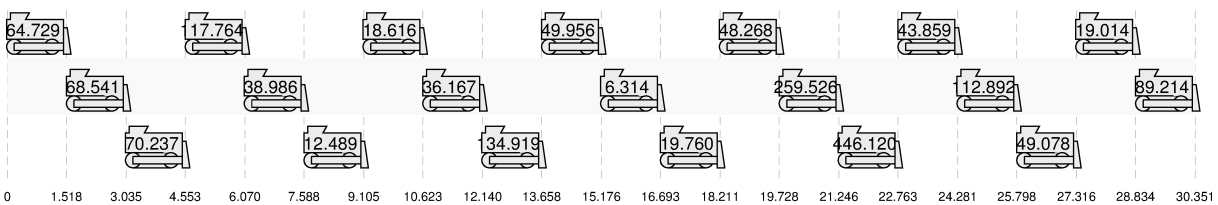
4.1.1. *Diagrama de massa para camada stratum 1.*

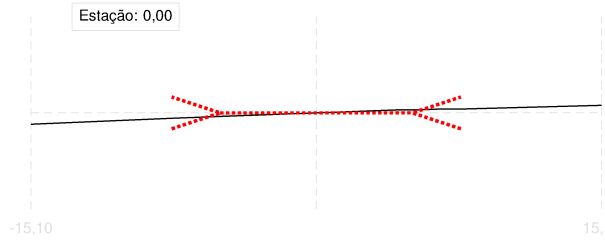




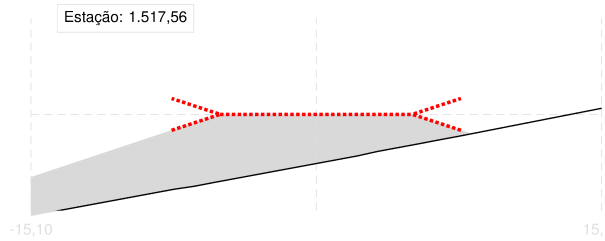
4.1.2. *Esquema de transporte para a camada strata 1.*



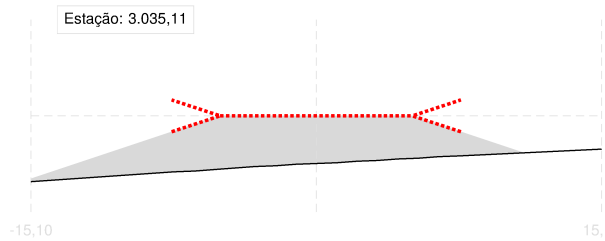




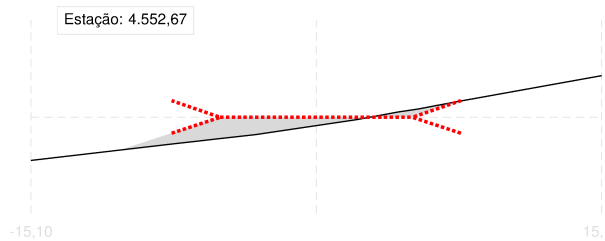
Área de corte:	0,47
Área de aterro:	0,56
Elevação da estrada:	1.179,48
Superfície alta:	1.179,70
Superfície baixa:	1.178,87
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	10,20



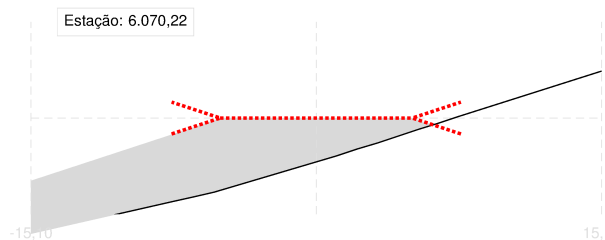
Área de corte:	0,00
Área de aterro:	56,91
Elevação da estrada:	1.148,03
Superfície alta:	1.146,88
Superfície baixa:	1.142,66
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	10,20



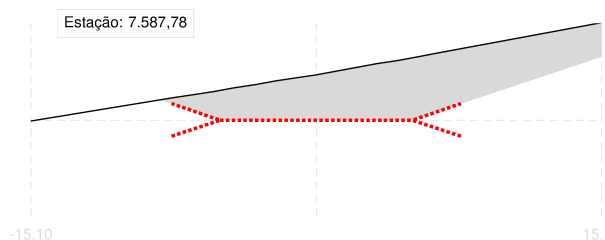
Área de corte:	0,00
Área de aterro:	47,50
Elevação da estrada:	1.092,89
Superfície alta:	1.090,75
Superfície baixa:	1.089,38
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	10,20



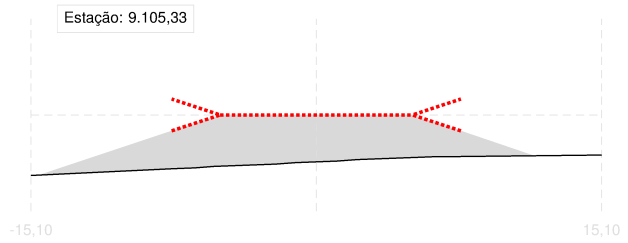
Área de corte:	0,91
Área de aterro:	7,83
Elevação da estrada:	1.109,53
Superfície alta:	1.110,36
Superfície baixa:	1.107,22
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	10,20



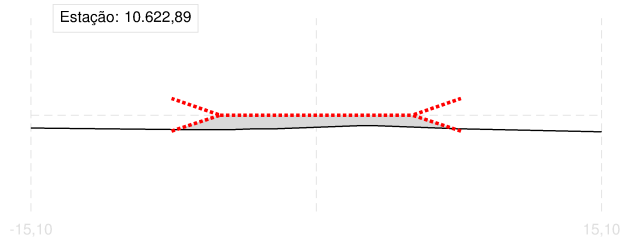
Área de corte:	0,00
Área de aterro:	57,05
Elevação da estrada:	1.042,42
Superfície alta:	1.042,49
Superfície baixa:	1.036,30
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	10,20



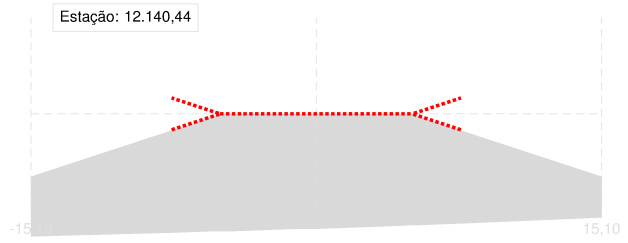
Área de corte:	52,74
Área de aterro:	0,00
Elevação da estrada:	983,65
Superfície alta:	987,40
Superfície baixa:	983,59
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	10,20



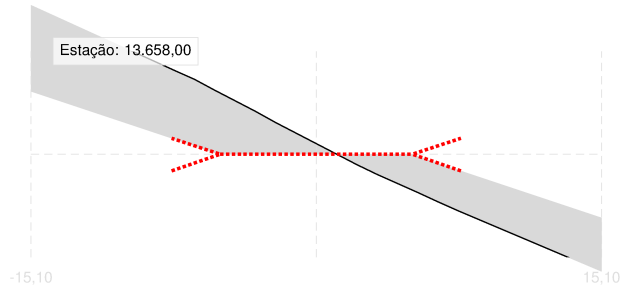
Área de corte:	0,00
Área de aterro:	45,42
Elevação da estrada:	965,20
Superfície alta:	963,01
Superfície baixa:	962,00
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	10,20



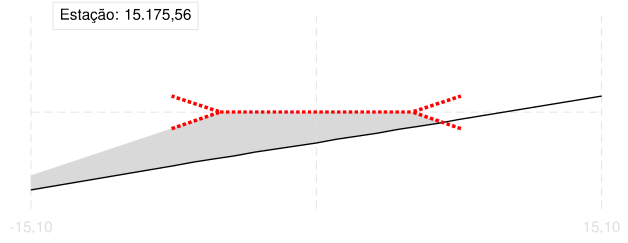
Área de corte:	0,00
Área de aterro:	8,45
Elevação da estrada:	955,44
Superfície alta:	954,87
Superfície baixa:	954,67
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	10,20



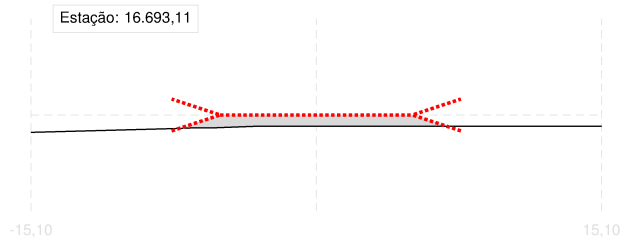
Área de corte:	0,00
Área de aterro:	148,94
Elevação da estrada:	970,73
Superfície alta:	964,94
Superfície baixa:	964,23
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	10,20



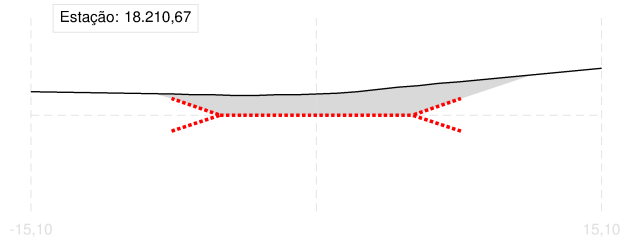
Área de corte:	49,71
Área de aterro:	27,92
Elevação da estrada:	1.004,14
Superfície alta:	1.012,06
Superfície baixa:	1.001,16
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	10,20



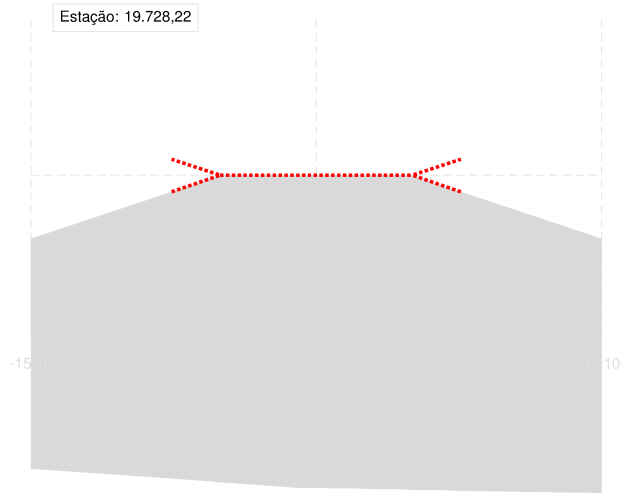
Área de corte:	0,00
Área de aterro:	32,95
Elevação da estrada:	987,87
Superfície alta:	987,48
Superfície baixa:	983,76
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	10,20



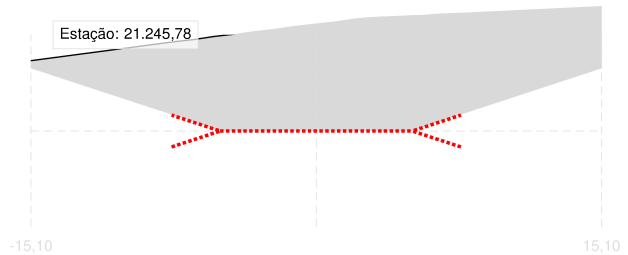
Área de corte:	0,00
Área de aterro:	7,37
Elevação da estrada:	930,38
Superfície alta:	929,79
Superfície baixa:	929,47
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	10,20



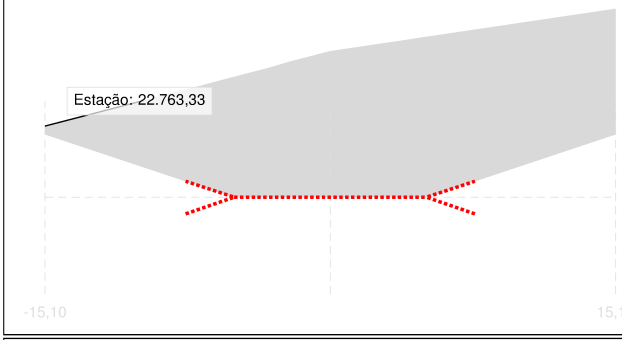
Área de corte:	18,65
Área de aterro:	0,00
Elevação da estrada:	905,19
Superfície alta:	906,94
Superfície baixa:	906,23
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	10,20



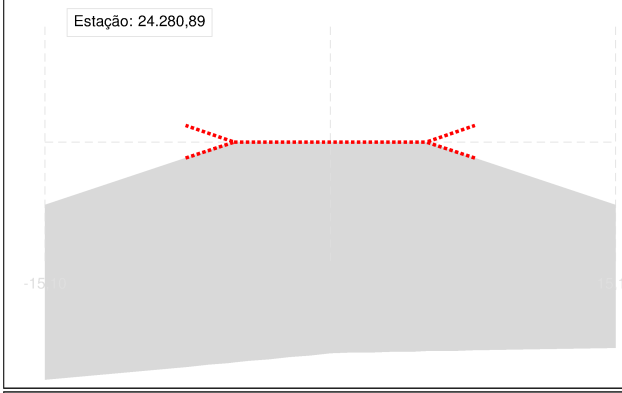
Área de corte:	0,00
Área de aterro:	461,21
Elevação da estrada:	931,72
Superfície alta:	916,21
Superfície baixa:	915,03
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	10,20



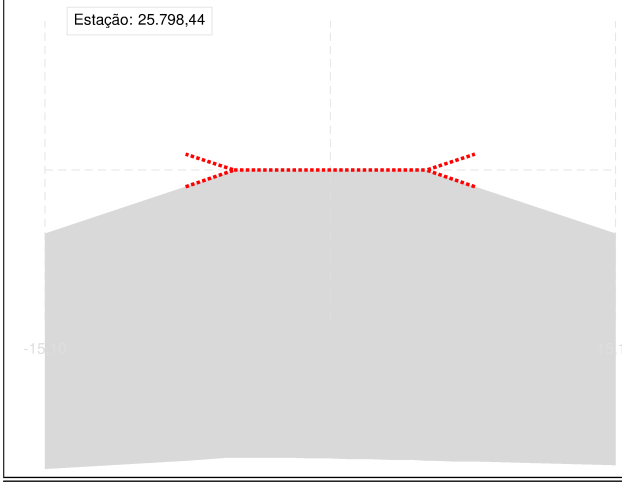
Área de corte:	131,86
Área de aterro:	0,00
Elevação da estrada:	987,97
Superfície alta:	994,21
Superfície baixa:	991,68
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	10,20



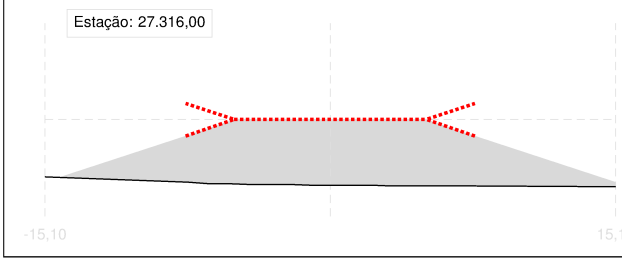
Área de corte:	187,62
Área de aterro:	0,00
Elevação da estrada:	900,23
Superfície alta:	909,10
Superfície baixa:	904,01
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	10,20



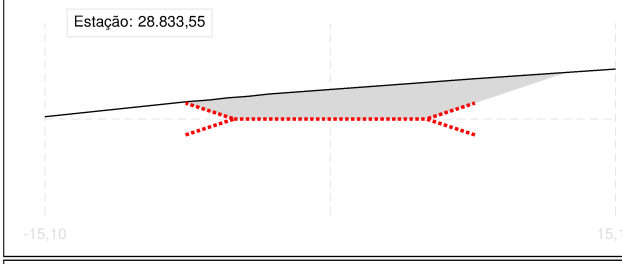
Área de corte:	0,00
Área de aterro:	313,28
Elevação da estrada:	852,25
Superfície alta:	841,20
Superfície baixa:	839,64
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	10,20



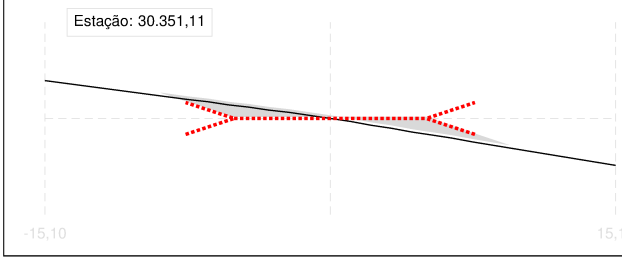
Área de corte:	0,00
Área de aterro:	432,40
Elevação da estrada:	862,28
Superfície alta:	847,07
Superfície baixa:	846,46
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	10,20



Área de corte:	0,00
Área de aterro:	69,89
Elevação da estrada:	805,05
Superfície alta:	802,04
Superfície baixa:	801,52
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	10,20



Área de corte:	24,75
Área de aterro:	0,00
Elevação da estrada:	804,50
Superfície alta:	806,62
Superfície baixa:	804,61
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	10,20



Área de corte:	3,83
Área de aterro:	3,31
Elevação da estrada:	812,64
Superfície alta:	814,65
Superfície baixa:	811,40
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	10,20

5. Relatório de volume

Estação:	Área de corte: (m^2)	Vol. de corte: (m^3)	Área de aterro: (m^2)	Vol. de aterro (m^3)	Corte cum.: (m^3)	Aterro cum.: (m^3)	Cum. NET: (m^3)
0,00	0,47	0,00	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00
1.517,56	0,00	68.978,65	56,91	64.729,25	68.978,65	64.729,25	4.249,40
3.035,11	0,00	85.052,79	47,50	68.541,05	154.031,44	133.270,31	20.761,14
4.552,67	0,91	80.748,42	7,83	70.237,16	234.779,87	203.507,46	31.272,40
6.070,22	0,00	173.772,04	57,05	117.763,79	408.551,90	321.271,26	87.280,65
7.587,78	52,74	38.986,00	0,00	82.418,93	447.537,90	403.690,18	43.847,72
9.105,33	0,00	12.489,31	45,42	19.004,11	460.027,21	422.694,29	37.332,92
10.622,89	0,00	22.942,78	8,45	18.615,69	482.969,99	441.309,98	41.660,01
12.140,44	0,00	36.167,34	148,94	63.800,50	519.137,32	505.110,47	14.026,85
13.658,00	49,71	134.918,54	27,92	166.055,33	654.055,87	671.165,80	-17.109,94
15.175,56	0,00	121.407,68	32,95	49.956,09	775.463,55	721.121,89	54.341,66
16.693,11	0,00	6.314,20	7,37	44.776,65	781.777,75	765.898,54	15.879,21
18.210,67	18,65	21.351,89	0,00	19.760,22	803.129,64	785.658,76	17.470,88
19.728,22	0,00	48.267,88	461,21	89.144,64	851.397,52	874.803,40	-23.405,88
21.245,78	131,86	259.526,69	0,00	311.738,85	1.110.924,21	1.186.542,25	-75.618,05
22.763,33	187,62	1.316.820,70	0,00	446.120,34	2.427.744,90	1.632.662,59	795.082,31
24.280,89	0,00	43.858,07	313,28	68.595,66	2.471.602,98	1.701.258,25	770.344,73
25.798,44	0,00	119.138,80	432,40	112.892,02	2.590.741,78	1.814.150,26	776.591,52
27.316,00	0,00	49.077,94	69,89	62.399,56	2.639.819,72	1.876.549,83	763.269,90
28.833,55	24,75	31.877,37	0,00	19.014,11	2.671.697,09	1.895.563,93	776.133,16
30.351,11	3,03	129.968,61	4,17	89.213,85	2.801.665,70	1.984.777,78	816.887,92

6. Informações da superfície

Nome:	N/A	Planar unidade:	meter
Largura da superfície:	438	Resolução horizontal:	10,00
Altura da superfície:	2.614	Resolução vertical:	10,00
Sistema de coordenadas:	UTM84-23S	Elevação unidade:	meter
Canto sudoeste (longas, Lat):	352.360,287307, 7.664.456,826961	Elevação mínima:	764,00
Canto nordeste (longas, Lat):	356.740,287307, 7.690.596,826961	Elevação máxima:	1.254,65

7. Lista de PI / curvas

PI	Longitude	Latitude	Raio
*1	353.859,93315E	7.665.667,5163	0,00
2	353.793,90390-	7.665.736,8491	324,59
3	353.348,43636E	7.666.173,3810	317,08
4	352.874,55928E	7.666.422,1599	342,04
5	353.378,07078S	7.666.995,9590	479,55
6	354.030,77158S	7.667.585,9485	386,36
7	353.654,53006(	7.667.918,0536	339,51
8	353.325,50588E	7.668.486,1936	293,74
9	353.244,11248S	7.668.896,2659	378,99
10	353.557,349991	7.669.347,8822	451,17
11	354.038,40324E	7.669.372,7333	337,33
12	354.784,44298E	7.669.262,0240	378,11
13	355.117,128047	7.669.717,5560	324,27
14	355.192,61306E	7.669.830,7982	397,16
15	355.320,78683(	7.670.322,2106	285,93
16	355.403,735857	7.670.458,0173	300,32
17	355.909,62679E	7.671.127,1641	306,04
18	356.091,92194E	7.671.390,6478	300,23
19	355.550,339623	7.671.860,9853	370,29
20	355.975,27107E	7.672.265,6075	323,69
21	356.043,785412	7.672.470,4543	306,74
22	356.342,108917	7.672.870,6712	304,66
23	356.266,357493	7.673.173,0419	447,40
24	356.276,246084	7.673.525,5314	313,81
25	355.787,510797	7.673.922,1606	421,36
26	355.309,70189E	7.674.153,4001	412,13
27	355.001,67138(	7.674.297,7242	331,37
28	354.551,90947E	7.673.661,9347	357,05
29	354.213,400894	7.674.084,8980	369,86
30	353.712,12832E	7.674.459,9815	355,78
31	354.448,367882	7.674.835,9591	316,80
32	354.332,870831	7.675.312,8632	433,79
33	354.008,498919	7.675.523,2967	394,72
34	353.964,733153	7.675.825,6236	424,18
*35	354.075,991779	7.676.110,9594	296,74
36	354.234,868687	7.676.687,4393	432,12
37	355.259,705161	7.676.116,3682	301,30

PI	Longitude	Latitude	Raio
38	355.467,439818	7.676.485,5925	306,03
39	355.674,16481(	7.676.727,8636	398,87
40	355.507,667564	7.677.168,0697	391,31
41	355.260,560021	7.677.769,0741	505,07
42	355.289,16189E	7.677.948,4720	400,64
43	355.314,736461	7.678.181,4856	399,34
44	355.324,805781	7.678.537,2579	283,37
45	355.374,192499	7.678.844,4249	452,85
46	355.514,017005	7.679.224,4362	433,47
47	355.297,012493	7.679.550,4226	290,69
48	355.403,846901	7.679.860,5884	342,66
49	355.320,14153(	7.680.562,9511	291,62
50	355.339,367738	7.680.781,0523	329,79
51	355.328,619357	7.680.894,2870	469,60
52	355.292,576442	7.681.511,7582	412,00
53	355.275,296928	7.681.744,5908	567,78
54	355.367,931779	7.682.042,4858	489,61
55	355.324,57777(	7.682.586,7828	324,49
56	355.210,619947	7.682.847,9548	574,52
57	355.235,042232	7.683.555,3902	286,28
58	355.216,882809	7.683.698,6066	1.567,63
59	355.188,180938	7.683.859,7797	445,78
60	355.066,273202	7.684.102,6584	450,57
61	355.094,525299	7.684.797,3508	346,05
62	355.219,944798	7.685.038,8459	425,07
63	355.253,426653	7.685.345,7227	343,02
64	355.169,190975	7.685.583,2119	330,86
65	355.268,637600	7.685.836,4644	502,66
66	355.226,717584	7.686.309,9345	369,60
67	355.275,918482	7.686.672,3603	434,13
68	355.318,441954	7.687.095,5399	292,45
69	355.190,16227(	7.687.794,6033	458,65
70	355.235,401200	7.688.036,5241	384,36
71	355.215,433983	7.688.182,8908	427,05
72	355.288,053380	7.688.628,6352	352,18
73	355.219,227205	7.689.028,4200	361,67
*74	355.241,088853	7.689.383,8879	0,00

8. Lista de PVIs

PVI	Estação	Elevação	Comprimento da curva
*1	0,00	1.179,48	0,00
2	101,35	1.181,87	68,18
3	184,81	1.181,87	61,56
4	282,82	1.181,01	61,96
5	367,18	1.179,24	67,80
6	467,19	1.174,85	73,48
7	548,84	1.173,26	73,48
8	807,04	1.174,56	84,37
9	941,21	1.174,20	62,43
10	1.022,29	1.172,35	72,98
11	1.174,33	1.164,64	60,49
12	1.255,42	1.160,46	60,49
13	1.346,64	1.155,81	60,49
14	1.427,72	1.151,20	68,81
15	1.595,04	1.145,29	82,35
16	1.724,72	1.140,29	71,12
17	1.812,81	1.138,75	63,64
18	1.904,57	1.136,93	82,58
19	2.021,59	1.137,84	82,13
20	2.185,63	1.135,40	79,64
21	2.274,12	1.131,37	63,82
22	2.394,19	1.124,28	60,02

PVI	Estação	Elevação	Comprimento da curva
105	14.583,73	1.020,06	123,29
106	14.720,72	1.013,65	83,59
107	14.853,13	1.006,30	60,67
108	14.934,61	1.002,31	60,67
109	15.280,60	981,57	72,06
110	15.387,40	975,51	72,06
111	15.831,84	949,40	135,39
112	15.982,27	947,35	78,16
113	16.102,61	943,80	95,29
114	16.318,51	943,35	155,61
115	16.585,95	930,76	185,52
116	17.049,60	929,09	94,50
117	17.192,32	931,46	128,45
118	17.335,32	926,76	66,79
119	17.416,46	922,21	66,32
120	17.517,88	918,53	69,64
121	17.619,31	913,69	65,10
122	17.700,90	911,34	60,71
123	17.829,19	907,03	115,47
124	17.969,01	907,72	96,09
125	18.087,95	904,41	104,67
126	18.379,88	906,25	138,85

PVI	Estação	Elevação	Comprimento da curva
23	2.474,24	1.119,59	60,02
24	2.844,48	1.097,38	101,59
25	2.977,15	1.093,12	83,65
26	3.070,10	1.092,73	83,65
27	3.280,53	1.097,72	118,69
28	3.520,78	1.102,11	184,68
29	3.823,64	1.089,80	83,82
30	3.916,77	1.088,62	83,82
31	4.058,67	1.090,78	69,69
32	4.160,20	1.093,42	83,49
33	4.347,38	1.103,02	108,23
34	4.538,22	1.110,27	135,37
35	4.688,89	1.108,16	118,17
36	4.820,91	1.100,35	78,07
37	4.941,07	1.093,28	69,18
38	5.041,48	1.087,86	69,18
39	5.165,52	1.080,79	59,17
40	5.243,67	1.076,28	59,17
41	5.324,55	1.072,92	72,79
42	5.445,86	1.070,80	78,59
43	5.584,90	1.069,94	125,13
44	5.745,34	1.061,22	69,12
45	5.845,61	1.055,24	69,12
46	5.975,67	1.047,53	82,52
47	6.111,88	1.040,17	70,79
48	6.215,87	1.034,35	70,79
49	6.320,59	1.028,43	71,12
50	6.495,48	1.017,98	88,53
51	6.598,82	1.014,69	70,51
52	6.733,17	1.010,25	88,90
53	6.846,85	1.009,36	98,02
54	6.955,76	1.004,39	73,01
55	7.239,28	995,46	113,54
56	7.438,26	985,64	113,57
57	7.570,91	983,86	59,73
58	7.650,31	982,86	71,45
59	7.836,22	975,42	76,51
60	7.952,91	972,21	73,44
61	8.034,52	971,95	60,72
62	8.207,92	970,90	102,03
63	8.421,79	971,91	100,86
64	8.533,85	968,09	75,31
65	8.685,51	965,44	136,49
66	8.887,72	971,11	163,26
67	9.071,34	964,86	123,54
68	9.211,73	965,74	87,17
69	9.585,81	966,64	74,70
70	9.698,47	967,07	89,41
71	9.899,51	961,86	109,16
72	10.024,10	963,03	112,13
73	10.171,22	958,08	119,07
74	10.460,57	958,53	91,04
75	10.573,64	955,21	101,76
76	10.763,48	956,08	124,19
77	10.956,66	951,21	172,45
78	11.197,24	958,86	159,49
79	11.385,97	954,04	68,06
80	11.466,27	953,69	60,13
81	11.666,24	951,52	77,24
82	11.754,08	952,77	71,67
83	11.945,98	959,62	74,21
84	12.046,35	965,15	60,13
85	12.126,64	969,90	60,13
86	12.264,95	978,18	59,79
87	12.344,48	982,47	71,57
88	12.464,64	985,65	72,10

PVI	Estação	Elevação	Comprimento da curva
127	18.607,57	913,21	140,30
128	18.848,13	926,62	123,30
129	19.068,78	936,34	159,67
130	19.248,86	933,38	87,45
131	19.389,85	929,90	60,46
132	19.470,88	927,27	72,92
133	19.551,90	926,60	72,92
134	19.653,04	928,23	91,02
135	19.771,83	933,75	61,78
136	19.855,78	938,78	61,78
137	19.998,38	947,14	88,17
138	20.161,35	956,90	82,46
139	20.394,00	970,77	60,99
140	20.476,21	975,63	60,99
141	20.612,75	983,83	108,88
142	20.736,19	986,17	80,62
143	20.825,77	985,09	64,31
144	20.916,41	985,32	81,57
145	21.007,05	988,01	60,25
146	21.087,61	990,21	72,51
147	21.168,18	990,17	72,51
148	21.319,24	985,88	109,08
149	21.520,04	973,84	114,36
150	21.750,79	960,16	105,14
151	21.931,09	949,35	60,06
152	22.011,23	944,68	60,06
153	22.141,45	936,94	60,06
154	22.221,59	932,27	60,06
155	22.381,90	922,79	60,10
156	22.462,12	918,03	60,10
157	22.553,55	912,80	65,14
158	22.762,85	900,24	61,88
159	22.950,66	889,25	70,63
160	23.062,23	883,64	74,21
161	23.212,71	874,90	124,24
162	23.363,18	871,83	84,61
163	23.497,87	867,16	121,22
164	23.710,02	868,37	70,13
165	23.792,00	866,74	73,79
166	23.962,00	858,54	108,50
167	24.212,15	851,82	99,06
168	24.322,21	852,49	99,06
169	24.432,28	856,80	60,28
170	24.512,90	860,90	60,28
171	24.966,07	888,09	72,16
172	25.048,95	890,84	71,99
173	25.128,94	891,28	71,99
174	25.299,08	887,50	81,07
175	25.389,15	882,70	64,53
176	25.559,29	872,49	100,56
177	25.744,31	863,59	69,99
178	25.822,07	861,67	69,99
179	25.963,90	861,47	61,05
180	26.046,25	862,06	74,11
181	26.136,78	860,14	81,48
182	26.505,32	840,73	143,13
183	26.770,06	826,46	69,48
184	26.871,14	821,19	69,48
185	27.074,54	810,15	97,84
186	27.217,21	805,61	72,56
187	27.305,39	804,74	79,36
188	27.446,67	807,07	69,41
189	27.547,59	808,07	60,30
190	27.628,26	809,97	60,30
191	27.849,37	814,52	199,00
192	28.253,30	791,92	178,29

PVI	Estação	Elevação	Comprimento da curva
89	12.544,75	985,55	60,05
90	12.624,86	984,03	72,10
91	12.825,13	985,06	72,10
92	12.905,24	987,40	72,10
93	13.057,37	995,49	92,46
94	13.227,65	1.003,38	126,21
95	13.367,88	1.003,07	73,58
96	13.478,06	1.001,22	99,16
97	13.688,40	1.004,63	72,12
98	13.768,53	1.007,86	60,06
99	13.854,84	1.011,69	72,57
100	13.935,47	1.013,02	72,57
101	14.026,18	1.011,99	64,82
102	14.167,29	1.011,20	106,72
103	14.285,86	1.014,76	77,36
104	14.419,39	1.019,96	109,89

PVI	Estação	Elevação	Comprimento da curva
193	28.487,14	790,22	73,20
194	28.568,48	791,61	73,20
195	28.649,81	794,99	60,60
196	28.821,78	804,67	107,82
197	28.941,58	806,44	77,91
198	29.073,41	806,41	97,65
199	29.181,91	802,31	72,82
200	29.315,38	797,68	120,12
201	29.487,62	798,60	106,70
202	29.606,17	803,46	66,04
203	29.841,53	817,58	95,18
204	30.016,13	824,47	132,81
205	30.163,70	822,76	99,19
206	30.273,90	817,27	58,74
*207	30.351,11	812,64	0,00

9. Lembrete Legal

Todos os dados e arquivos de dados contidos nos Resultados da otimização do corredor são criados como um resultado do uso da Otimização do corredor do InfraWorks e estão sujeitos aos termos do Contrato de licença de software do Autodesk InfraWorks e aos Termos de serviço do Autodesk 360 que você aceitou antes de usar a Otimização do corredor.

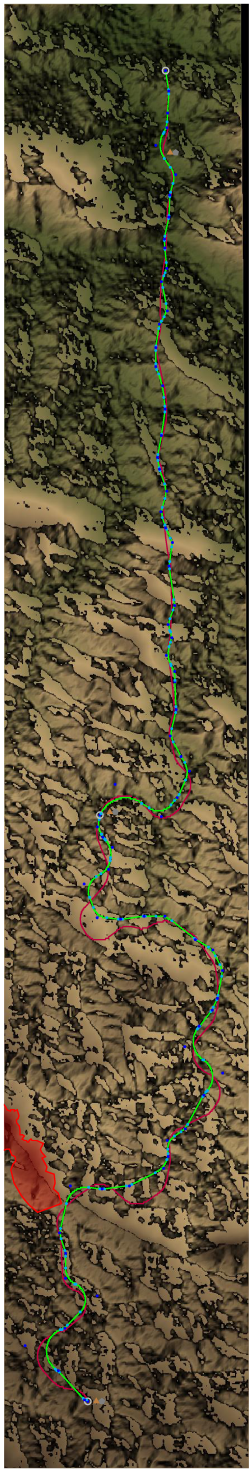
APÊNDICE B
SIMULAÇÃO 2

AUTODESK

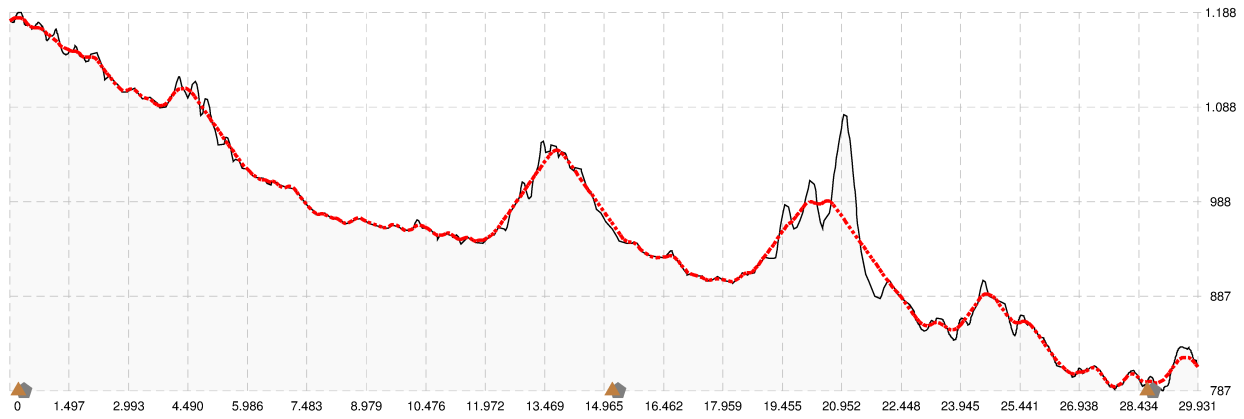
Autodesk InfraWorks

Relatório de otimização do corredor

ID de rastreamento: V2024A08363787, Data: 21-01-2023



Alinhamento final; Alinhamento inicial; PI; Fixo; PC/PT; Zona a ser evitada; Poço de despejo; Banco de areia;



Perfil da estrada; Poço de despejo; Banco de areia; Escala de elevação 23,8 : 1

1. Informações de alinhamento

Unidade linear:	meter	Raio mínimo:	280,89
Velocidade do projeto:	80	Super elevação mínima:	4,00 %
Largura da fiada:	13,60	Número de PIs e curvas:	74

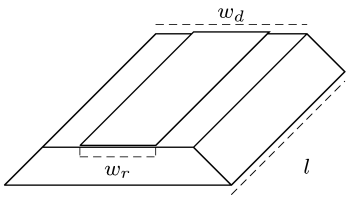
2. Informações de perfil

Custo total do projeto:	$ 28.373.148	Número de PVIs:	206
Unidade linear:	meter	Grau máximo:	6,00 %
Velocidade do projeto:	80	Grau de drenagem solicitado:	0,00 %
Comprimento:	29.930,93	Espaçamento mínimo de PVI:	50,00

3. Informações da Construção

Custo total de construção:[1]	$ 13.404.108	Altura máxima de aterro antes da ponte:	40,00
Número de pontes:	0	Profundidade máxima de corte antes do túnel:	N/A
Número de túneis:	0	Amostra de distância da linha:	25,00
Número de retenções:	0		

3.1. **Informações do assembly da estrada.** O custo de construção para uma amostra de subseção de linha com uma amostra de montagem é de l vezes o custo da estrada por unidade linear.



l : Amostra de distância da linha
w_r : Largura da estrada
w_d : Largura de referência

Custo da estrada por unidade linear meter:[2]	$ 447,79	Inclinação de corte de luz natural:	0,33
Largura da estrada:[3]	7,20	Inclinação do aterro com luz natural:	0,33
Largura de referência:	7,20		

[1] Os custos de construção são calculadas em cada amostra de linha, usando uma montagem selecionada ou um estilo e uma amostra de linha para o comprimento de uma subseção da construção. Os cálculos de custo individuais para montagens diferentes são explicados abaixo. O custo total de construção é a soma dos custos das subseções individuais.

[2] O custo por unidade linear da estada é $w_r \cdot (0.3 \cdot C + 0.7 \cdot A) + D + S + L + G$, em que C é o custo do pavimento de cimento por unidade quadrada, A é o custo por unidade quadrada do pavimento de asfalto D será o custo para a drenagem, S para letreiros, L para iluminação e G para sinalização por unidade linear.

[3] A largura da estrada é o número de pistas da estrada multiplicado pela largura da pista da estrada. Ela não inclui a largura dos canteiros centrais, calçadas, etc.

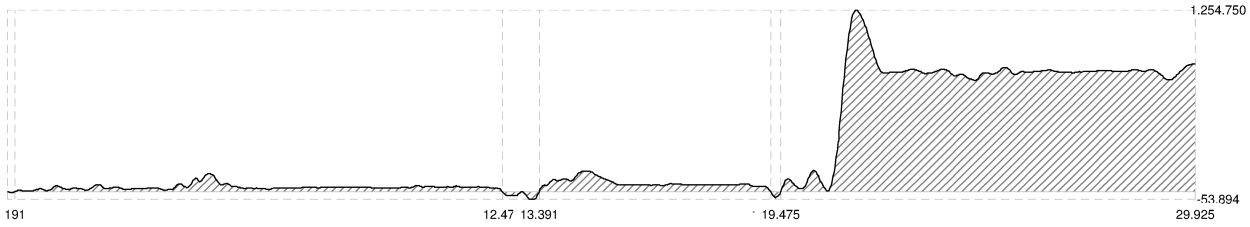
4. Informações de Terraplanagem

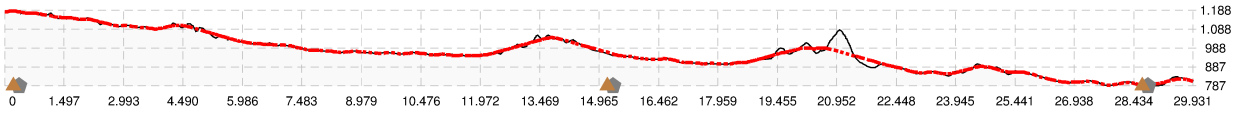
Custo total de terraplanagem:	$ 14.969.040	Comprimento máximo do corte:	1.496,55
Núm de seções de terraplanagem:	20	Núm de poços de resíduos:	3
Núm de subseções de terraplanagem:	1.217	Número de poços concedidos:	3
Núm. stratum:	1	Largura da fiada:	13,60

4.1. **Terraplanagem para a Camada Strata 1.**

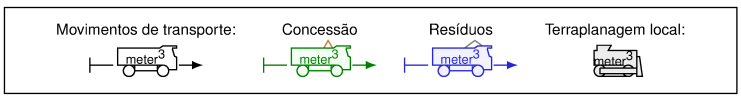
Corte cum.:	1.475.450,98	Custo de escavação:	$ 3,06
Aterro cum.:	1.475.450,98	Custo da carga:	$ 1,87
Volume líquido:	0,00	Custo de reboque (por km):	$ 2,40
Unidade de Volume:	cúbico meter	Custo de aterro:	$ 4,41
Nome da camada:		Custo de despejo:	$,98
Fator de reutilização:	1,00	Custo da concessão:	$ 2,75

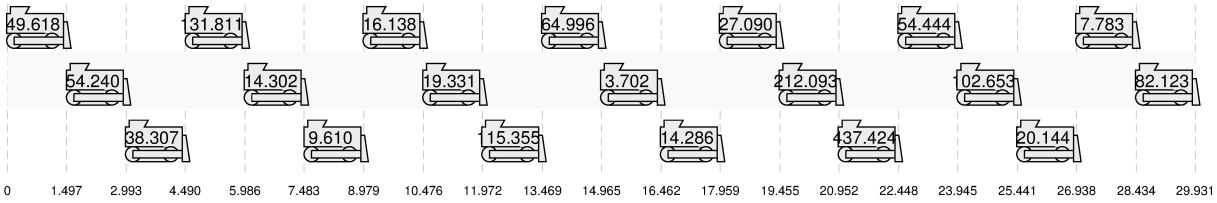
4.1.1. *Diagrama de massa para camada stratum 1.*

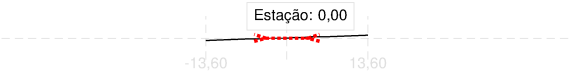




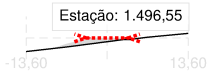
4.1.2. *Esquema de transporte para a camada strata 1.*



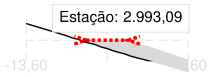




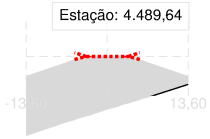
Área de corte:	0,26
Área de aterro:	0,25
Elevação da estrada:	1.179,46
Superfície alta:	1.179,69
Superfície baixa:	1.179,08
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	7,20



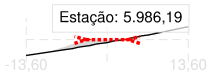
Área de corte:	0,00
Área de aterro:	7,36
Elevação da estrada:	1.148,15
Superfície alta:	1.148,25
Superfície baixa:	1.145,84
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	7,20



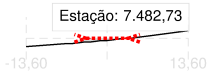
Área de corte:	0,00
Área de aterro:	33,77
Elevação da estrada:	1.106,53
Superfície alta:	1.109,36
Superfície baixa:	1.103,05
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	7,20



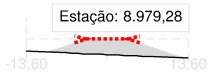
Área de corte:	0,00
Área de aterro:	211,91
Elevação da estrada:	1.106,56
Superfície alta:	1.099,67
Superfície baixa:	1.093,22
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	7,20



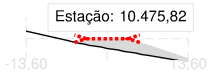
Área de corte:	0,32
Área de aterro:	6,42
Elevação da estrada:	1.021,88
Superfície alta:	1.022,72
Superfície baixa:	1.019,27
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	7,20



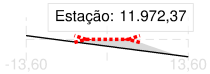
Área de corte:	0,00
Área de aterro:	3,02
Elevação da estrada:	984,06
Superfície alta:	984,42
Superfície baixa:	982,62
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	7,20



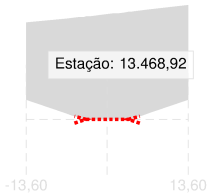
Área de corte:	0,00
Área de aterro:	39,24
Elevação da estrada:	966,50
Superfície alta:	964,51
Superfície baixa:	963,65
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	7,20



Área de corte:	0,00
Área de aterro:	26,96
Elevação da estrada:	960,33
Superfície alta:	961,64
Superfície baixa:	957,54
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	7,20



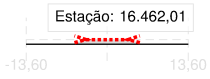
Área de corte:	0,00
Área de aterro:	15,44
Elevação da estrada:	948,05
Superfície alta:	948,66
Superfície baixa:	946,00
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	7,20



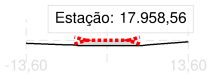
Área de corte:	448,32
Área de aterro:	0,00
Elevação da estrada:	1.029,61
Superfície alta:	1.048,07
Superfície baixa:	1.045,88
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	7,20



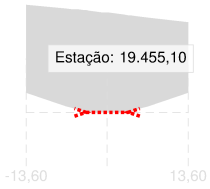
Área de corte:	0,00
Área de aterro:	135,87
Elevação da estrada:	976,88
Superfície alta:	970,79
Superfície baixa:	970,50
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	7,20



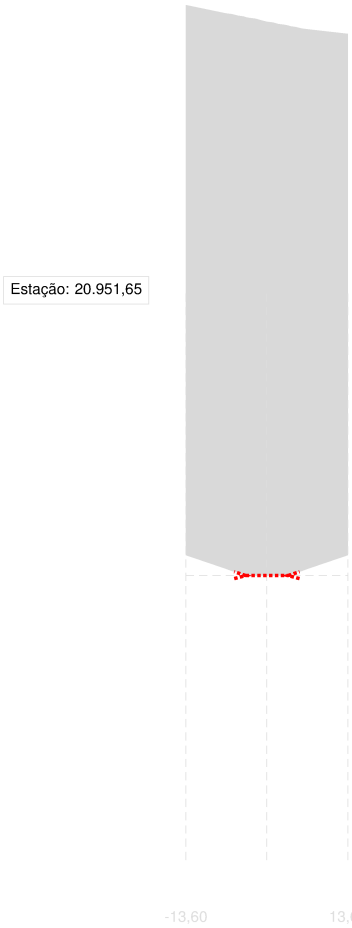
Área de corte:	0,00
Área de aterro:	8,33
Elevação da estrada:	928,85
Superfície alta:	928,12
Superfície baixa:	928,00
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	7,20



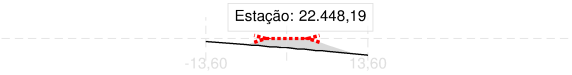
Área de corte:	0,00
Área de aterro:	8,35
Elevação da estrada:	905,02
Superfície alta:	904,58
Superfície baixa:	904,13
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	7,20



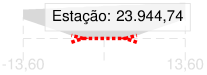
Área de corte:	419,20
Área de aterro:	0,00
Elevação da estrada:	955,38
Superfície alta:	973,34
Superfície baixa:	971,29
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	7,20



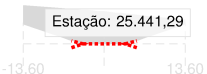
Área de corte:	2.498,16
Área de aterro:	0,00
Elevação da estrada:	972,82
Superfície alta:	1.068,53
Superfície baixa:	1.064,52
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	7,20



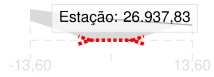
Área de corte:	0,00
Área de aterro:	20,00
Elevação da estrada:	886,74
Superfície alta:	886,33
Superfície baixa:	884,63
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	7,20



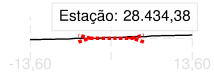
Área de corte:	115,48
Área de aterro:	0,00
Elevação da estrada:	856,88
Superfície alta:	862,62
Superfície baixa:	861,79
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	7,20



Área de corte:	114,13
Área de aterro:	0,00
Elevação da estrada:	859,68
Superfície alta:	866,25
Superfície baixa:	864,49
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	7,20



Área de corte:	67,47
Área de aterro:	0,00
Elevação da estrada:	807,18
Superfície alta:	812,31
Superfície baixa:	810,18
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	7,20



Área de corte:	1,47
Área de aterro:	0,00
Elevação da estrada:	800,61
Superfície alta:	801,00
Superfície baixa:	800,39
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	7,20



Área de corte:	4,69
Área de aterro:	1,02
Elevação da estrada:	812,62
Superfície alta:	814,93
Superfície baixa:	811,35
Custo da estrada por unidade linear meter:	$ 447,79
Largura da estrada:	7,20
Largura de referência:	7,20

5. Relatório de volume

Estação:	Área de corte: (m^2)	Vol. de corte: (m^3)	Área de aterro: (m^2)	Vol. de aterro (m^3)	Corte cum.: (m^3)	Aterro cum.: (m^3)	Cum. NET: (m^3)
0,00	0,26	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00
1.496,55	0,00	67.859,53	7,36	49.618,50	67.859,53	49.618,50	18.241,03
2.993,09	0,00	54.239,80	33,77	57.398,56	122.099,33	107.017,06	15.082,27
4.489,64	0,00	58.077,79	211,91	38.306,66	180.177,12	145.323,72	34.853,40
5.986,19	0,32	131.801,70	6,42	143.591,79	311.978,82	288.915,51	23.063,31
7.482,73	0,00	20.300,81	3,02	14.301,94	332.279,63	303.217,45	29.062,19
8.979,28	0,00	13.205,56	39,24	9.609,81	345.485,19	312.827,25	32.657,94
10.475,82	0,00	16.668,48	26,96	16.138,23	362.153,67	328.965,48	33.188,18
11.972,37	0,00	19.331,23	15,44	20.250,08	381.484,90	349.215,56	32.269,33
13.468,92	448,32	115.355,02	0,00	115.445,70	496.839,92	464.661,27	32.178,65
14.965,46	0,00	133.786,71	135,87	64.996,30	630.626,63	529.657,57	100.969,06
16.462,01	0,00	3.702,41	8,33	60.179,49	634.329,04	589.837,06	44.491,98
17.958,56	0,00	18.363,12	8,35	14.286,45	652.692,16	604.123,51	48.568,65
19.455,10	419,20	27.090,49	0,00	98.793,34	679.782,65	702.916,85	-23.134,21
20.951,65	2.498,16	585.738,87	0,00	212.092,60	1.265.521,52	915.009,46	350.512,06
22.448,19	0,00	912.893,58	20,00	437.428,32	2.178.415,10	1.352.437,77	825.977,33
23.944,74	115,48	54.443,70	0,00	76.214,99	2.232.858,80	1.428.652,76	804.206,04
25.441,29	114,13	111.361,22	0,00	102.653,16	2.344.220,02	1.531.305,92	812.914,10
26.937,83	67,47	32.796,09	0,00	20.143,89	2.377.016,11	1.551.449,81	825.566,30
28.434,38	1,47	24.867,01	0,00	7.782,93	2.401.883,12	1.559.232,74	842.650,38
29.930,93	2,25	124.482,46	2,72	82.122,84	2.526.365,58	1.641.355,58	885.010,01

6. Informações da superfície

Nome:	N/A	Planar unidade:	meter
Largura da superfície:	437	Resolução horizontal:	10,00
Altura da superfície:	2.613	Resolução vertical:	10,00
Sistema de coordenadas:	UTM84-23S	Elevação unidade:	meter
Canto sudoeste (longas, Lat):	352.361,951387, 7.664.465,162908	Elevação mínima:	764,00
Canto nordeste (longas, Lat):	356.731,951387, 7.690.595,162908	Elevação máxima:	1.255,03

7. Lista de PI / curvas

PI	Longitude	Latitude	Raio
*1	353.859,93315	7.665.667,5163	0,00
2	353.804,70089	7.665.702,3721	303,61
3	353.335,28844	7.666.208,2728	365,99
4	352.747,62934	7.666.665,8287	409,51
5	353.456,11713	7.666.982,1974	321,77
6	354.025,81925	7.667.560,0725	315,89
7	353.464,44916	7.667.852,8855	305,32
8	353.469,68400	7.668.306,9886	305,01
9	353.356,56765	7.668.661,9264	339,65
10	353.551,31114	7.669.514,4320	367,52
11	354.115,39584	7.669.457,1555	356,28
12	354.597,52711	7.669.513,4490	292,67
13	355.206,22664	7.669.815,7879	416,57
14	355.286,73611	7.670.031,8195	299,65
15	355.272,43326	7.670.306,6473	284,06
16	355.589,51664	7.670.533,2725	397,73
17	355.923,42478	7.671.139,4311	443,14
18	356.255,82138	7.671.516,2402	366,35
19	355.582,09540	7.671.985,7325	394,52
20	355.834,39005	7.672.352,9012	564,40
21	356.072,85307	7.672.650,4843	326,33
22	356.165,37723	7.672.864,3311	287,22
23	356.257,78866	7.673.356,3458	323,23
24	356.081,96712	7.673.704,6104	362,95
25	355.768,66782	7.673.908,4774	426,35
26	355.228,83847	7.674.328,9716	450,92
27	354.860,29014	7.674.323,5376	310,31
28	354.439,96423	7.674.258,8804	304,31
29	354.026,44620	7.674.301,5895	281,92
30	353.796,84008	7.674.881,3635	304,92
31	354.226,46909	7.675.155,0400	365,47
32	354.300,00347	7.675.532,0192	380,21
33	354.126,01472	7.675.731,2055	409,41
34	354.031,06131	7.675.900,4095	377,21
*35	354.075,99177	7.676.110,9594	293,58
36	354.345,53934	7.676.667,0848	490,09
37	355.166,13169	7.676.095,8086	291,79
38	355.449,15800	7.676.426,3672	541,81
39	355.667,11455	7.676.902,2904	344,94
40	355.515,99055	7.677.170,8569	379,28
41	355.322,74629	7.677.532,9668	316,54
42	355.429,33050	7.677.997,7271	352,80
43	355.409,07095	7.678.498,3557	320,85
44	355.405,21881	7.678.671,9609	593,29
45	355.255,21761	7.678.955,3191	410,04
46	355.357,02820	7.679.292,8584	320,22
47	355.283,88751	7.679.523,5031	332,48
48	355.402,45021	7.679.856,4723	381,99
49	355.303,65415	7.680.569,8616	478,73
50	355.366,20151	7.680.984,2841	306,45
51	355.239,84718	7.681.249,5524	527,65
52	355.159,83350	7.681.524,6672	320,78
53	355.264,94206	7.681.888,2511	430,65
54	355.131,96990	7.682.286,1455	293,15
55	355.098,06101	7.682.490,9022	308,18
56	355.169,22055	7.682.895,3626	302,34
57	355.234,85222	7.683.354,5241	340,80
58	355.190,41111	7.683.780,3809	1.678,92
59	355.067,08301	7.684.121,7019	314,45
60	355.066,64678	7.684.446,6774	481,27
61	355.132,52154	7.684.863,3754	419,60
62	355.272,75233	7.685.115,3646	320,35
63	355.168,12769	7.685.634,9437	404,04
64	355.264,51557	7.685.877,1611	343,49
65	355.228,81390	7.686.223,5145	320,66
66	355.218,54169	7.686.390,3290	287,52
67	355.302,42932	7.686.775,7930	314,79
68	355.316,20970	7.687.182,6163	352,41
69	355.420,16813	7.687.546,5592	346,24
70	355.068,35218	7.688.048,9893	417,33
71	355.262,70482	7.688.385,4509	415,41
72	355.278,13835	7.688.643,2333	463,64
73	355.298,11474	7.689.018,7122	302,69
*74	355.241,08885	7.689.383,8879	0,00

8. Lista de PVIs

PVI	Estação	Elevação	Comprimento da curva
*1	0,00	1.179,46	0,00
2	93,26	1.182,07	73,57
3	177,80	1.182,12	62,04
4	289,44	1.182,05	71,42
5	368,79	1.179,83	68,09
6	464,28	1.174,77	73,67
7	546,13	1.172,44	73,67
8	709,83	1.171,81	77,05
9	827,72	1.170,26	90,39
10	928,15	1.165,45	69,19
11	1.169,18	1.157,64	87,27
12	1.309,78	1.151,37	90,39
13	1.410,21	1.149,92	69,19
14	1.550,81	1.147,05	80,09
15	1.651,24	1.147,34	78,24
16	1.738,18	1.144,97	63,12
17	1.842,24	1.141,11	81,74
18	1.933,06	1.140,22	64,87
19	2.089,74	1.140,86	79,48
20	2.178,05	1.138,52	79,48
104	14.541,90	1.001,89	60,14
105	14.622,22	997,11	60,14
106	14.773,44	988,33	92,05
107	15.071,83	970,53	151,00
108	15.354,06	953,79	60,29
109	15.434,70	948,96	71,38
110	15.525,41	945,65	81,64
111	15.777,40	943,31	134,21
112	15.950,60	934,20	123,72
113	16.215,23	928,37	155,15
114	16.524,40	928,98	85,88
115	16.661,91	931,02	114,19
116	16.788,78	927,33	80,35
117	16.878,06	921,98	64,17
118	17.089,71	911,72	109,67
119	17.211,56	910,26	78,83
120	17.457,92	906,96	70,82
121	17.561,96	904,28	93,63
122	17.872,70	905,96	163,84
123	18.194,29	902,43	120,44

PVI	Estação	Elevação	Comprimento da curva
21	2.318,10	1.130,53	69,01
22	2.418,13	1.125,24	60,01
23	2.498,15	1.120,44	60,01
24	2.668,21	1.111,33	104,14
25	2.879,09	1.103,92	174,28
26	3.072,73	1.108,36	167,86
27	3.332,84	1.098,18	149,66
28	3.577,68	1.095,04	72,88
29	3.658,66	1.091,73	60,21
30	3.739,13	1.089,42	72,43
31	3.822,70	1.089,04	75,21
32	3.935,53	1.091,36	101,55
33	4.055,30	1.097,87	67,04
34	4.150,94	1.103,61	74,06
35	4.253,52	1.107,32	92,32
36	4.457,22	1.107,44	72,26
37	4.537,51	1.105,26	72,26
38	4.617,80	1.100,85	60,13
39	4.997,03	1.078,10	60,19
40	5.087,26	1.072,76	60,24
41	5.167,81	1.068,01	60,24
42	5.248,35	1.063,38	60,24
43	5.328,89	1.058,64	60,24
44	5.469,84	1.050,22	58,03
45	5.545,47	1.045,78	58,03
46	5.630,22	1.040,72	62,13
47	5.719,54	1.035,40	64,20
48	5.898,19	1.024,72	91,55
49	6.009,85	1.021,12	64,77
50	6.100,44	1.016,54	76,07
51	6.302,83	1.011,06	85,64
52	6.397,98	1.011,21	68,29
53	6.547,30	1.008,50	85,20
54	6.659,15	1.009,08	100,66
55	6.874,60	1.001,84	166,71
56	7.080,60	1.005,09	171,53
57	7.272,04	995,54	110,15
58	7.466,13	984,67	111,34
59	7.683,05	975,43	79,89
60	7.771,81	974,01	79,89
61	7.886,89	975,24	93,42
62	8.150,01	969,62	76,43
63	8.251,21	969,54	82,11
64	8.453,60	963,70	144,08
65	8.613,69	966,76	96,04
66	8.775,56	971,56	145,68
67	8.957,66	966,75	105,94
68	9.474,64	959,49	144,93
69	9.659,38	964,50	152,87
70	9.954,40	956,69	134,91
71	10.133,59	958,43	100,41
72	10.268,05	963,31	121,02
73	10.426,96	961,68	59,29
74	10.505,37	959,52	59,29
75	10.765,90	951,78	97,30
76	10.874,01	952,08	72,65
77	11.054,95	955,01	125,49
78	11.194,38	950,54	62,37
79	11.279,66	948,03	71,56
80	11.359,17	947,58	68,66
81	11.523,75	950,27	125,66
82	11.717,09	945,75	95,64
83	11.828,94	946,52	63,81
84	11.917,40	946,62	76,97
85	12.087,80	951,05	60,42
86	12.168,74	953,38	72,85

PVI	Estação	Elevação	Comprimento da curva
124	18.348,43	905,99	93,37
125	18.528,58	911,95	94,43
126	18.648,68	912,19	72,06
127	18.728,74	914,27	72,06
128	18.816,06	918,64	63,29
129	18.918,17	924,57	69,95
130	19.040,69	931,07	75,65
131	19.155,47	937,47	75,65
132	19.289,56	945,51	84,34
133	19.467,38	956,11	74,06
134	19.578,62	962,72	90,27
135	19.700,83	966,21	74,00
136	19.783,05	970,58	61,00
137	19.865,28	975,05	59,82
138	19.944,89	979,82	59,82
139	20.074,90	986,56	109,94
140	20.197,06	987,72	78,58
141	20.284,38	985,92	63,29
142	20.385,33	984,84	72,69
143	20.466,10	985,94	60,34
144	20.546,86	988,28	72,69
145	20.627,62	988,36	72,69
146	20.708,39	986,19	72,69
147	20.986,21	970,94	128,86
148	21.466,44	942,12	58,89
149	21.549,59	937,33	61,42
150	21.764,11	924,67	73,88
151	21.874,96	918,27	60,90
152	21.956,97	913,47	60,90
153	22.136,69	902,93	67,50
154	22.246,73	896,36	75,12
155	22.366,98	891,23	78,11
156	22.493,50	884,24	80,94
157	22.752,55	868,76	58,06
158	22.828,24	864,55	58,06
159	22.964,61	858,37	91,30
160	23.086,45	855,81	103,70
161	23.208,29	857,21	78,67
162	23.329,77	860,29	109,33
163	23.490,57	857,60	96,36
164	23.701,92	851,35	109,74
165	23.823,85	852,21	95,63
166	23.934,45	856,37	61,32
167	24.017,37	860,23	61,32
168	24.170,20	869,19	69,85
169	24.272,09	875,17	66,51
170	24.456,89	886,26	68,47
171	24.543,77	889,51	78,20
172	24.634,11	890,17	81,30
173	24.797,49	886,26	78,35
174	24.884,55	881,55	63,18
175	25.046,54	871,83	96,89
176	25.235,53	862,04	74,20
177	25.319,69	859,71	75,75
178	25.436,35	859,43	70,56
179	25.518,65	861,07	74,07
180	25.631,82	860,11	68,10
181	25.707,48	857,48	60,98
182	25.995,00	841,54	145,48
183	26.264,95	825,51	70,51
184	26.368,31	819,36	70,88
185	26.574,37	810,44	73,73
186	26.684,87	806,76	74,08
187	26.801,74	804,77	105,18
188	26.957,56	807,57	71,04
189	27.059,91	807,44	79,99

PVI	Estação	Elevação	Comprimento da curva
87	12.320,51	961,45	60,42
88	12.401,45	966,27	60,42
89	12.501,84	972,28	69,18
90	12.612,60	978,86	73,84
91	12.800,51	990,06	83,97
92	12.933,77	997,96	67,70
93	13.030,89	1.003,59	62,72
94	13.116,93	1.008,74	62,72
95	13.202,98	1.013,86	61,74
96	13.286,85	1.018,84	61,74
97	13.407,13	1.025,92	78,13
98	13.557,49	1.034,90	60,09
99	13.637,68	1.039,42	72,17
100	13.719,36	1.041,75	73,51
101	13.830,13	1.041,78	99,70
102	13.942,55	1.037,50	74,52
103	14.320,00	1.014,86	97,32

PVI	Estação	Elevação	Comprimento da curva
190	27.353,59	813,72	237,15
191	27.688,08	793,86	129,25
192	27.844,33	790,72	140,63
193	28.008,52	795,12	116,89
194	28.175,91	804,40	125,53
195	28.315,38	805,40	124,44
196	28.556,32	795,70	160,19
197	28.747,76	797,45	98,63
198	28.883,41	794,76	122,09
199	29.067,26	798,60	99,18
200	29.177,46	804,55	59,94
201	29.257,31	809,31	59,94
202	29.427,81	819,54	77,53
203	29.517,94	822,39	81,11
204	29.729,79	822,46	109,31
205	29.851,25	817,40	59,86
*206	29.930,93	812,62	0,00

9. Lembrete Legal

Todos os dados e arquivos de dados contidos nos Resultados da otimização do corredor são criados como um resultado do uso da Otimização do corredor do InfraWorks e estão sujeitos aos termos do Contrato de licença de software do Autodesk InfraWorks e aos Termos de serviço do Autodesk 360 que você aceitou antes de usar a Otimização do corredor.