

AValiação DO IMPACTO DO GREIDE EM DIFERENTES TOPOGRAFIAS NO ACRÉSCIMO DO COMPRIMENTO DO PERFIL HORIZONTAL DAS RODOVIAS

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF THE GRAIDE IN DIFFERENT TOPOGRAPHIES IN ADDING THE LENGTH OF THE HORIZONTAL PROFILE OF THE HIGHWAYS

DJAVAN MIGUEL CAITANO FRANCISCO^{1*}, GUILHERME NANNI GRABOWSKI^{2*}

1. Acadêmico do curso de pós-graduação em Especialização em Engenharia de Infraestrutura de Rodovias da Universidade Faculdade de Engenharia e Inovação Técnico Profissional - FEITEP; 2. Professor Mestre da disciplina de Rodovias do curso de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia e Inovação Técnico Profissional - FEITEP

* CE 362 KM 81. S/N, Bandeira Branca, Massapê, Ceará, Brasil. CEP: 62140-000. dj.java14@hotmail.com

Recebido em 22/02/2023. Aceito para publicação em 12/04/2023

RESUMO

As rodovias são, para o Brasil, o meio de locomoção mais utilizado para transporte de pessoas e mercadorias. Contudo, quando avaliado o seu estado de conservação, pode-se verificar que o investimento destinado para esse modal não é suficiente para a reabilitação das vias existentes e para a ampliação da malha rodoviária pavimentada. Um projeto geométrico de via tem em seus elementos: o eixo horizontal com retas e curvas, o perfil longitudinal com a linha de greide com rampas e curvas, a seção tipo transversal e as camadas do pavimento. O estudo topográfico local interfere na geometria da rodovia, para determinar a melhor rota para implantação. O estudo analisou três projetos de estradas, nas regiões: serra, sertão e litoral; verificando o comportamento individual, comparando os comprimentos horizontais com os comprimentos verticais das rodovias. Buscando assim o trecho com maior acréscimo de comprimento. Alguns serviços que compõem o orçamento total da rodovia foram comparados e verificados o impacto financeiro na construção da rodovia. Os resultados confirmaram a existência desse acréscimo de comprimento nos trechos estudados, revelando o trecho 3 da topografia litorânea com maior acréscimo de comprimento de 18,89m/km, adicionando um custo de 0,47% para execução do mesmo trecho do pavimento da rodovia.

PALAVRAS-CHAVE: Estrada; Topografia; Orçamento; Linear; Infraestrutura.

ABSTRACT

Highways are the most used transportation facilities in Brazil for transporting people and goods. However, when evaluating its state of conservation, the investment destined to this modal is not enough for the rehabilitation of the existing roads and for the extension of the paved road network. A geometric road project has in its elements: the horizontal axis with straight lines and curves, the longitudinal profile with the graded line with ramps and curves, the cross section, and the pavement layers. The local topographic study interferes with the geometry of the highway, to determine the best route for implantation. The study analyzed three road projects, in the regions: mountain, hinterland and coast, verifying the individual behavior and comparing the horizontal lengths with the vertical lengths of the roads. looking for the stretch with

the greatest increase in length, some services that make up the total budget of the highway were compared and the financial impact on the construction of the highway was verified. The results confirmed the existence of this increase in length in the stretches studied, revealing stretch 3 of the coastal topography with the greatest increase in length of 18.89m/km, adding a cost of 0.47% for the execution of the same stretch of highway pavement.

KEYWORDS: Budget; Infrastructure; Linear; Road; Topography

1. INTRODUÇÃO

Segundo a Confederação Nacional do Transporte - CNT (2019)¹, cerca de 61% das mercadorias e 95% de passageiros circulam pelas rodovias no território brasileiro, dando ênfase à dependência da sociedade com uso desse modal como principal forma de deslocamento, enfatizando ainda, que o crescimento sustentável do país está vinculado diretamente ao investimento aplicado na infraestrutura rodoviária, pois uma rodovia traz não somente conexão entre lugares, mas também leva o crescimento comercial, acessibilidade para locais mais longínquos, levando acesso à educação, saúde, segurança e cidadania, principalmente em um país como Brasil, com dimensões continentais.

De acordo com Mundo AEC (2018)², a sigla BIM significa *Building Information Modeling* que, em português, é (Modelagem da Informação da Construção), na qual estabelece um conceito sobre agilidade e precisão na elaboração de projetos executivos e demais tipos de projetos, sejam edificações como também de infraestrutura urbana e rodoviária. Assim como na visualização mais ampla e prática no gerenciamento da evolução da obra. A exemplo de um *software* nesses moldes existe o *AutoCad Civil 3D da Autodesk*, que contém um conjunto de ferramentas voltadas para acelerar e tornar menos propício a erros no processo de elaboração de projetos executivos voltados à infraestrutura de transporte, inclusive para temas

como: terraplanagem, drenagem, topografia, geometria e geotecnia etc.

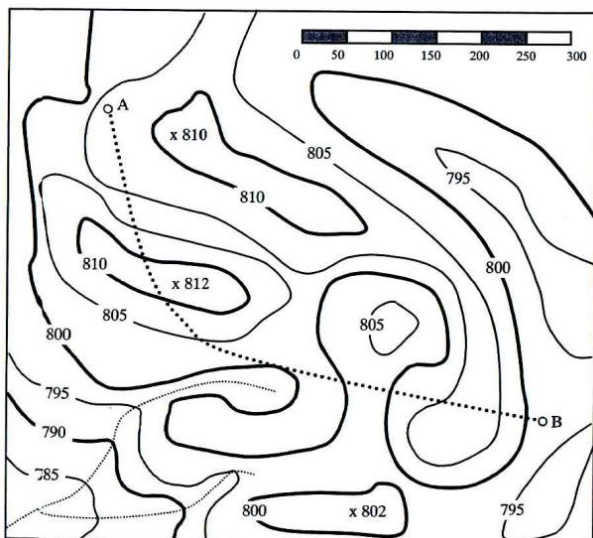


Figura 1. Curvas de níveis e traçado horizontal. **Fonte:** Peixoto (2010)⁴.

A topografia tem como propósito o estudo e a representação de uma porção limitada da superfície terrestre, nas suas diversas formas, em seu estado natural, tanto no plano horizontal, planimétrico, através de seguimentos de retas, curvas, ângulos e poligonais; caracterizando comprimentos e áreas, assim como também atributos relacionados a variações no plano vertical, altimétrico, a partir de curvas de nível, cotas e perfis longitudinais, convertendo e organizando esses desenhos técnicos e gráficos representativos em formas de plantas, cartas e mapas topográficos, (Figura 1), que através destes poderá se fazer estudos e projetos das mais diversas situações dentro da engenharia³.

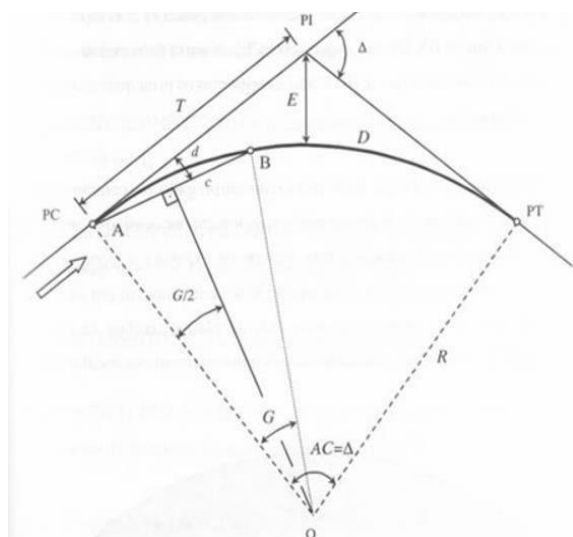


Figura 2. Curva circular horizontal. **Fonte:** Macedo (2004)⁶.

De acordo com Pimenta & Oliveira (2004)⁵, descreve que a geometria horizontal de uma rodovia é composta entre segmentos retos, denominados como tangentes, e por trechos em curvas horizontais ditos como circulares de concordância entre os segmentos de

retas, (Figura 2).

Já Segundo Pontes Filho (1998)⁷ afirma que perfil longitudinal do terreno natural é a representação gráfica do plano vertical das variações altimétricas do eixo de referência da rodovia; enquanto o greide é uma linha de projeto usada para aplicar a esse terreno natural níveis de conformação de acordo com as normas técnicas discorridas para cada classe de estrada rodoviária, criadas a partir de uma série de retas concordadas entre si e por curvas verticais durante todo trecho da rodovia, (Figura 3).

Para que haja uma melhor percepção das variações do relevo no perfil longitudinal, é exagerado a escala vertical entre 5 e 10 vezes com relação à escala horizontal, pois, diferente desse intervalo de escala sugerido, pode ocorrer de haver dificuldades de interpretação dessa representação gráfica do relevo⁸.

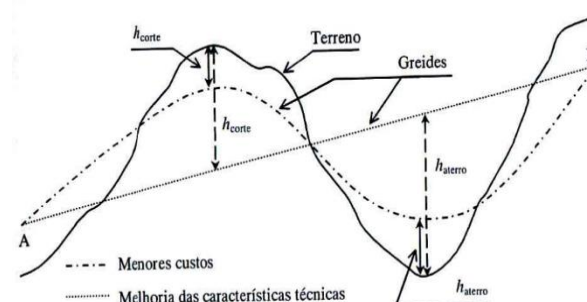


Figura 3. Perfil Longitudinal. **Fonte:** Peixoto (2010)⁴.

As curvas verticais têm como objetivo concordar as rampas verticais projetadas ou greides. As curvas verticais mais utilizadas são as parábolas de 2º. grau que fazem a conformação dos pontos de inflexão do greide, com intuito de proporcionar e garantir segurança, visibilidade, boa estética, auxiliar na drenagem da rodovia e conforto ao motorista⁹.

Também Senço (2007)¹⁰ descreve que a seção transversal tipo é a representação gráfica em corte vertical, mostrando os elementos que fazem parte da pavimentação da rodovia, que é constituído por elementos construtivos e camadas com espessura e material definido a partir de dimensionamento, (Figura 4).

As camadas do pavimento são classificadas como subleito, que é a fundação do pavimento; logo após vêm as camadas de regularização do subleito, reforço subleito e sub-base, que, de acordo com as características da resistência do solo e a carga solicitada, pode-se aplicar ou não, e logo depois vem a camada de base com a responsabilidade de resistir e dissipar as cargas solicitantes do trânsito dos veículos e por fim o revestimento que tem o papel de dar uniformidade e fluidez do tráfego além de conforto e segurança¹⁰.

De acordo com Bernucci, *et al.* (2008)¹¹, o tratamento superficial é um tipo de revestimento asfáltico, que é a combinação de camadas justapostas entre ligantes asfálticos e agregados, sem qualquer mistura prévia; além de ser necessário a aplicação da compactação posterior dessas camadas com intuito de proporcionar recobrimento parcial e aderência entre o ligante

betuminoso e o agregado, proporcionando assim um revestimento mais resistente ao desgaste.

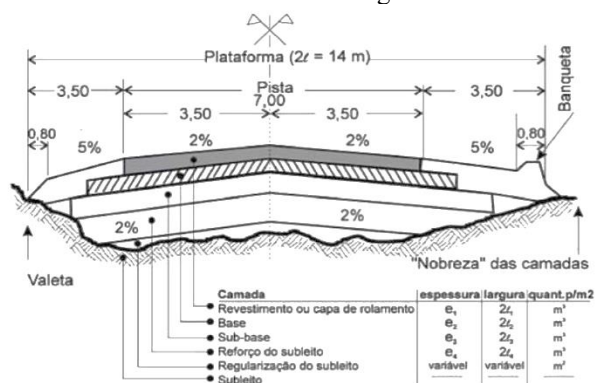


Figura 4 – Seção transversal típica - pavimento flexível. Fonte: Senço (2007)¹⁰.

Incluindo segundo Mattos (1965)¹², o orçamento de uma obra é o somatório entre custos diretos, que englobam despesas com trabalhadores, materiais, insumos e equipamentos necessários para funcionamento do canteiro de obra. Já custos indiretos são as despesas relacionados a taxas e impostos e gastos com suprimentos de uso administrativo além do pessoal da administração local e central da empresa, acrescentando a margem de lucro pela venda do produto.

Assim o Brasil (2013)¹³, no decreto nº 7.983/2013, define como parâmetro de preços de serviços o Sistema de Custos Referenciais de Obras - SICRO, na qual o Departamento Nacional de Infraestrutura de transportes - DNIT - será responsável em implementar possíveis alterações bem como sua publicação, e o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da construção civil - SINAPI, a qual a Caixa Econômica Federal - CEF, será responsável em atualizar e fazer as devidas publicações tendo como suporte as definições técnicas de engenharia da CEF e baseado em um banco de dados e atualizado por pesquisa de preço feito nas principais regiões do Brasil realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.

Observa-se segundo SEINFRA-CE (2022)¹⁴, a tabela unificada Seinfra tem um importante papel desde 2001 de pesquisar e reunir os diversos serviços dentro da engenharia com intuito de uniformizar e padronizar os custos unitários, que englobam obras de edificação, saneamento, rodovias, portos e ferrovias dentro do estado do Ceará.

Por outro lado, o norteamento desse trabalho vai de encontro ao entendimento do quanto impactará diretamente nos custos de implantação de uma rodovia, quando considerada a influência das variações verticais impostas no comprimento final de cada trecho analisado, a partir das diferentes topografias encontradas em regiões com características de relevo distintos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As áreas de estudo nas quais se localiza as rodovias encontram-se situadas em regiões com características topográficas distintas, localizados no estado do Ceará.

O trecho 1 é uma estrada localizada em uma região de serra com predominância de relevo montanhoso com

comprimento do trecho horizontal de 6.060,00m e largura de 5,00m, com cota mínima de 560,50m e máxima de 816,60m, que tem como objetivo a ligação da sede do município até o distrito dele.

Já o trecho 2 é uma estrada localizada dentro de uma região sertaneja com característica que prevalece o relevo ondulado, tendo seu comprimento horizontal de 3.100,00m e largura de 8,00m, com cota mínima de 55,27m e máxima de 66,51m, na qual transita-se e dá acesso à sede do município até essa localidade.

Ainda o trecho 3 encontra-se dentro de uma região litorânea com propriedades voltadas a um relevo plano, com um comprimento horizontal de total de 7.915,00m e largura de 7,00m, com cota mínima de 3,00m e máxima de 18,89m, que também serve de acesso para ligar a cidade a seu distrito.

O devido estudo foi constituído de uma análise de projetos executivos de estradas de obras públicas, com ênfase no projeto geométrico da via, utilizando o *software AutoCAD Civil 3D* em versão estudantil, para que os projetos originais, fornecidos pelas secretarias dos municípios responsáveis pelas estradas, fossem convertidos para arquivos dwg, compatíveis com as ferramentas de cálculos do *software AutoCAD Civil 3D*. Assim foi possível replicar as curvas de nível da topografia primitiva, traçados horizontais, perfil longitudinal e greides das estradas projetadas.

Após tudo isso, e após a compatibilização dos arquivos, foi possível iniciar o processo de geração de curvas de nível, utilizando ferramentas próprias do programa *AutoCAD Civil 3D*, convertendo as poli linhas com as altimetrias em uma superfície computacional através de triangulações.

Em seguida, foi feito o processo de estaqueamento do eixo da estrada, seguindo exatamente o eixo original dos projetos executivos cedidos pelas entidades públicas para estudo, consequentemente foi gerado o perfil longitudinal demonstrando uma visão em corte vertical da topografia por onde eixo do estaqueamento percorre.

Esse processo seguiu quando foi inserido a linha de greide para cada trecho, respeitando a mesma concepção dos projetistas das rodovias, além de adotar as recomendações de exagerar a escala vertical em relação a escala horizontal, para que pudesse ser mais bem representado as imperfeições, tornando mais perceptível e facilitando a interpretação, ainda foi necessário observar a largura e espessura das camadas e faixa de rolamento da seção transversal de cada estrada, com intuito de determinar a área e volume de alguns elementos que foram considerados durante a quantificação de alguns serviços no orçamento da execução da estrada.

Logo após foi realizado, para cada trecho, a conversão da escala vertical para a mesma escala horizontal do perfil longitudinal, ficando na mesma proporção, pois estavam exagerados em 10 vezes em relação à escala horizontal, na qual os próximos passos que envolvem a mensuração dos comprimentos das rampas em aclave e declive em conjunto com as curvas verticais de concordâncias, assim foram necessários que

as duas escalas estivessem na mesma razão.

Em seguida ao lançamento dos elementos geométricos da via, foi realizada a mensuração do comprimento horizontal total (somatória dos comprimentos dos trechos em tangente, e os desenvolvimentos de curvas de segundo grau horizontais), e comparados com comprimento total da soma de todos os trechos em rampas e em desenvolvimentos de curvas verticais circulares de concordâncias, que compõem o greide que é a linha de projeto do perfil longitudinal da rodovia.

Esse processo de medição foi feito para os três cenários e verificados qual desses teve uma maior interferência de acordo com a topografia, tendo acréscimo significativo ou não no comprimento final da plataforma da via.

Com todos os dados analisados, foram realizadas as simulações em planilhas computacionais de cálculo de orçamento de obras usando bases de dados de serviços disponibilizados por entidades públicas como SINAPI mantida pela Caixa Econômica Federal – CEF, e o SICRO, mantido pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT.

Com o intuito de descartar e possibilitar uma melhor compreensão sobre essa diferença nos custos de obra do executivo da estrada causada pela topografia de cada localização na qual o trecho se encontra, foi feito um recorte menor do quadro orçamentário, selecionando alguns dos serviços específicos que são diretamente afetados pelo comprimento da estrada. Tais como: a execução das camadas de sub-base e base, além da camada do revestimento asfáltico; esses sendo medidos em volume. Também foi analisada a execução da pintura da sinalização horizontal das faixas de bordos e de eixos, que são medidos em metro quadrado.

Os serviços que estão voltados à execução da sub-base e base, são: revestimento com solo (piçarra) sem transporte, em unidade m^3 ; transporte com caminhão basculante de $14 m^3$, em via urbana em revestimento primário em unidade $m^3 \times km$; e compactação de aterros 95% Proctor Normal em unidade m^3 .

Para o revestimento asfáltico, por sua vez, foi necessário fazer a quantificação de serviços separados que juntos compõem o revestimento, uma combinação de vários serviços, tais como: tratamento superficial duplo com emulsão - brita comercial em unidade: m^2 ; transporte com caminhão basculante de $14 m^3$ - rodovia pavimentada (brita) em unidade tonelada $\times km$; emulsão asfáltica (RR2C) em unidade tonelada; transporte de material asfáltico, com caminhão com capacidade de 30.000 Litros em rodovia (RR2C) em unidade tonelada $\times km$.

Já o serviço de aplicação da sinalização horizontal dentro da plataforma da via foi quantificado a partir do serviço sinalização horizontal com tinta retro refletiva em unidade m^2 .

Então a partir dessas unidades, foram levantados os quantitativos de todos os custos para cada serviço de acordo com os trechos 01,02 e 03 na situação em que o comprimento de referência se tornou o greide, sendo o

somatório de todas os comprimentos de rampas e os desenvolvimentos de curvas verticais; e comparados com os valores dos custos que têm como referência apenas o comprimento horizontal e verificado a existência do acréscimo de custos ou não.

Os valores encontrados para cada trecho foram convertidos em porcentagens, o que tornou mais fácil de compreender, e ainda ressaltou dessa forma a importância de se analisar o quanto essa diferença de nível da geometria vertical impacta no comprimento horizontal final no decorrer da execução da obra, de acordo com cada região. Trazendo assim uma reflexão da necessidade de melhor avaliar o quanto pode interferir no custo final da obra de uma estrada o tipo de relevo, possibilitando, assim, uma maior precisão nos cálculos orçamentários de uma obra rodoviária.

3. ESTUDO DE CASO

Tem-se por resultados os elementos gráficos necessários das três estradas, tais como: o traçado horizontal e o perfil longitudinal, além do elemento de estudo que é a linha de projeto vertical (greide), para que seja possível a medição da somatória de todos os comprimentos de rampas e curvas verticais e comparado com a somatória de todos os comprimentos dos trechos em tangentes e curvas horizontais de cada trecho em cada localização obtidos dos projetos executivos dentro do programa computacional *AutoCAD Civil 3D*, na Figura 5 a 10.

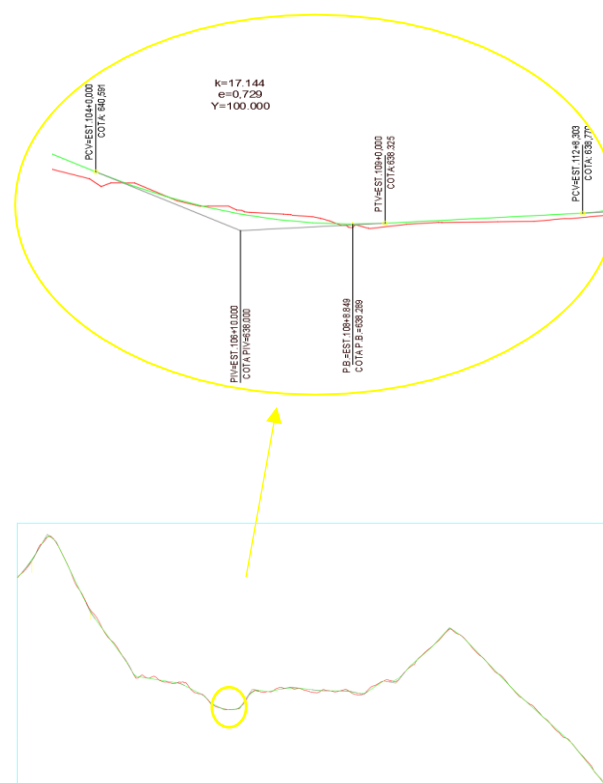


Figura 5. Perfil Longitudinal do trecho 1 – Montanhosa. Fonte: o Autor 2022.

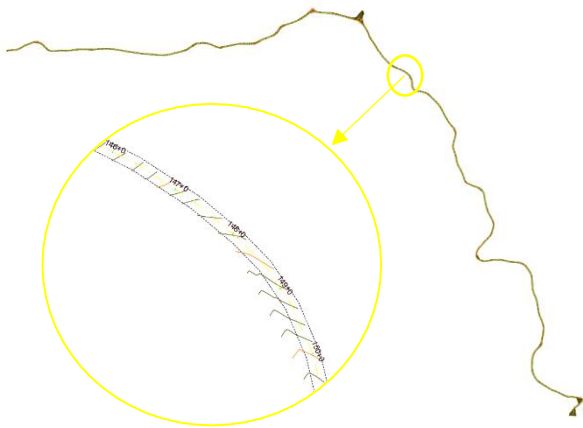


Figura 6. Planta Baixa Topográfica do trecho 1 – Montanhosa. Fonte: o Autor 2022.

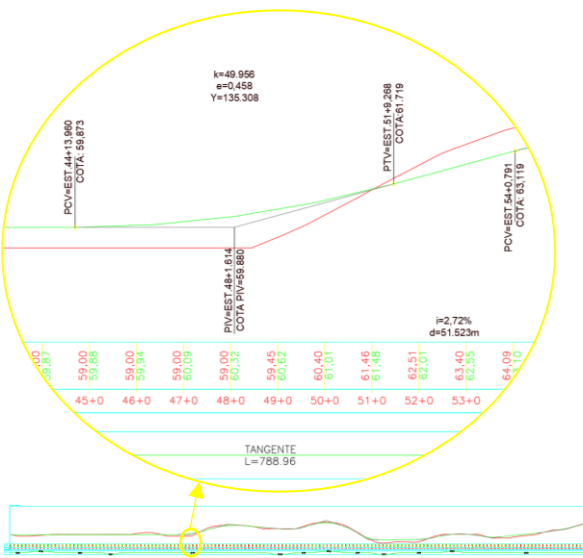


Figura 7. Planta Baixa Topográfica do trecho 2 – Sertaneja. Fonte: o Autor 2022.

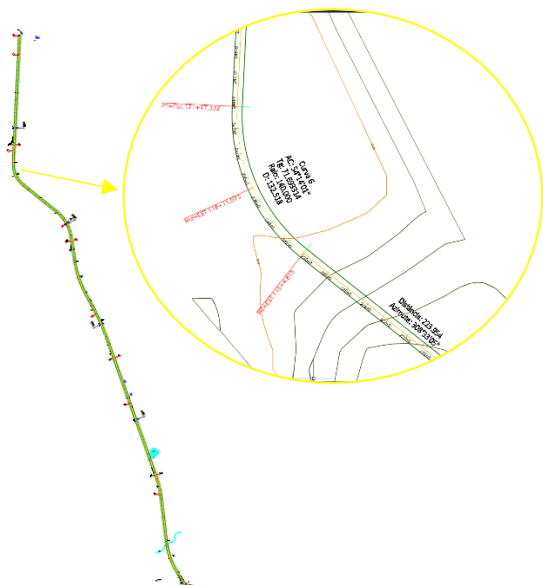


Figura 8. Planta Baixa Topográfica do trecho 2 – Sertaneja. Fonte: o Autor 2022.

O resultado dos projetos geométricos tanto

horizontal como vertical de cada trecho foi apresentado nas figuras 5 a 10, na qual características importantes para moldar o estudo dentro do padrões das rodovias do país, tais como o estaqueamento de 20 e 20 metros do eixo da via, além de pontos notáveis de início de curvas, início de tangente e pontos médios de curvas, também mostrou os elementos contidos no perfil longitudinal, como a linha do terreno natural na cor vermelha e a linha verde representando nível do projeto, na qual também retrata pontos notáveis de curva vertical e ponto de tangente vertical, e ainda o estaqueamento com cotas de terreno natural e de projeto. Os perfis longitudinais confirmam o comportamento dos trechos e suas topografias e como existe essa diferença.

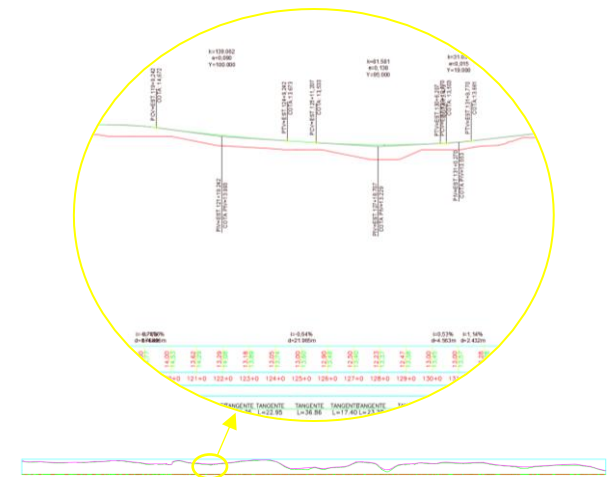


Figura 9. Planta Baixa Topográfica do trecho 3 – Litorânea. Fonte: o Autor 2022.

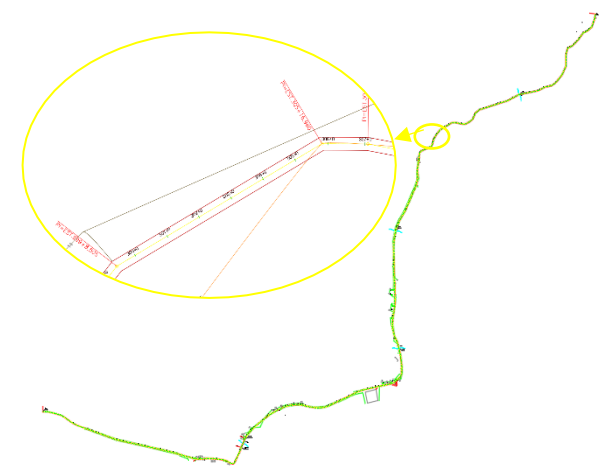


Figura 10. Planta Baixa Topográfica do trecho 3 – Litorânea. Fonte: o Autor 2022.

A Tabela 1 está organizada e separada por colunas e identificando por tipo de topografia, comprimento horizontal, comprimento do greide e acréscimo de comprimento, com intuito de identificar e explicar qual trecho apresentou mais crescimento do comprimento total.

Tabela 1. Comparativo entre os comprimentos horizontais e greides.

Região	Comprimento (m)		
	Horizontal	Greide	Acréscimo
Trecho 1 - montanhosa	6.060,00	6.088,41	28,41
Trecho 2 - sertaneja	3.100,00	3.100,39	0,39
Trecho 3 - litorânea	7.915,00	8.059,68	144,68

Fonte: o Autor 2022.

A Tabela 2 estabelece um parâmetro, para que seja possível classificar os trechos em ordem de mais ou menos acréscimo de comprimento de metros por quilômetros, que estão organizados por colunas que indicam também a região, comprimentos horizontais e acréscimo de comprimento vertical.

Tabela 2. Comparativo entre trechos no acréscimo de comprimento m/km.

Região	Comprimento		
	Horizontal (km)	Acréscimo (m)	Acréscimo m/km
Trecho 1 - montanhoso	6,060	28,41	4,69
Trecho 2 - sertaneja	3,100	0,39	0,13
Trecho 3 - litorânea	7,915	144,68	18,28

Fonte: o Autor 2022.

A Tabela 3 indica uma outra visão de estabelecer um entendimento do acréscimo de comprimento, pois intensifica que as regiões com topografia com maior número de curvas verticais originam uma sinuosidade vertical, provocando assim, um acréscimo de comprimento executivo que a projeção horizontal não consegue identificar, criando por fim uma falha no levantamento dos quantitativos dos serviços necessários para implantação da rodovia.

Tabela 3. Comparativo entre trechos no número de curvas verticais por km.

Elementos Geométricos	Região		
	Trecho 1 montanhoso	Trecho 2 sertaneja	Trecho 3 litorânea
Comprimento Horizontal (km)	6,060	3,100	7,915
Desnível (m)	256,10	11,24	15,89
n° de curvas verticais	25	15	150
n° de rampas verticais	27	17	152
n° curva/km	4,13	4,84	18,95
n° rampa/km	4,46	5,49	19,20

Fonte: o Autor 2022.

De acordo com as informações contidas no memorial de cálculo descrito no trecho 03 e demonstrado na Tabela 4, que foi o trecho com maior acréscimo de comprimento por km, foram calculados os cenários 1 e 2, os quais apresentaram características e padrões estabelecidos nos projetos originais e permaneceram para uso de cálculos para se chegar em quantidades de serviços necessários para execução de cada etapa citada, tais como: a largura de 7,00 metros, espessura de camadas de sub-base e base de um total de 0,30 metros, assim como foi estabelecido a distância média de transporte – DMT 1 de 24 km da jazida de material de

empréstimo até o trecho em obra, também foi replicado a taxa de 0,0012 metro cúbico de asfalto diluído de petróleo CM-30 por metro quadrado de rodovia, considerando como distância média de transporte – DMT 2 de 239 km do local mais próximo de venda da emulsão asfáltica até o trecho da obra. Para o cálculo de transporte do material para aplicação da camada de imprimação foi usado uma taxa de 0,0037 tonelada de emulsão asfáltica catiônica RR2C por metro quadrado de rodovia, usado no processo de execução da pavimentação asfáltica.

Tabela 4. Memorial de cálculo dos principais serviços de pavimento do trecho com maior acréscimo de comprimento – trecho 3.

Fonte	Código	Descrição Parcial	Quant. 1° Cenário	Quant. 2° Cenário
1.0 Sub-base e Base				
1.1 Execução				
SEINFRA	C3234	Revestimento com solo(piçarra)(s/transp.)	12.726,00	12.785,66
Largura x Espessura x Comprimento = M³				
1.2 Transporte de material				
SINAPI	93592	transporte com caminhão basculante de 14 m³, em via urbana em revestimento primário	305.424,00	306.855,86
Largura x Espessura x Comprim. x DMT 1 = M³ x Km				
1.3 Compactação do material				
SEINFRA	C3145	Compactação de aterros 95% P. N	12.726,00	12.785,66
Largura x Espessura x Comprimento = M³				
2.0 Imprimação				
2.1 Execução				
SINAPI	96401	Execução de imprimação com asfalto diluído CM1	42.420,00	42.618,87
Largura x Comprimento = M²				
2.2 Transporte de material asfáltico				
SINAPI	93179	Transporte de material asfáltico, com caminhão com capacidade de 30000 L em rodovia	12.166,06	12.223,09
Comprim. x Largura x Taxa CM30 x DMT 2 = Ton/km				
3.0 Revestimento				
3.1 Execução				
SICRO	40113 70	Tratamento superficial duplo com emulsão - brita comercial	42.420,00	42.618,87
Largura x Comprimento = M²				
3.2 Aquisição de materiais asfálticos				
SINAPI	41903	Emulsão asfáltica RR2C	156,95	157,69
Comprimento x Largura x Taxa CM30 = Ton.				
3.3 Transporte de materiais a obra				
SICRO	59153 21	Transporte com caminhão basculante de 14m³ rodovia pavimentada brita	130.718,93	131.331,75
Comprim. x Largura x Taxa Brita x DMT 3 = Ton/km				
SINAPI	93179	Transporte de material asfáltico, com caminhão com capacidade de 30000 L em rodovia (RR2C)	12.166,06	12.223,09
Comprim. x Largura x Taxa CM30 x DMT 2 = Ton/km				

Fonte: o Autor 2022.

A aquisição do material de brita é usado a taxa de 0,02233 Tonelada de brita por metro quadrado de rodovia, na qual determina a quantidade de serviços

relacionados ao transporte de material e será necessário considerando como distância média de transporte – DMT 3 de 138 km do local mais próximo de venda da brita até a obra. Levando em conta todos esses aspectos que foram considerados para os dois cenários, o único que foi alterado foi o comprimento, que no primeiro cenário considera o comprimento dos trechos apenas no plano horizontal assim como o orçamento original e o segundo cenário leva em consideração o comprimento da sua sinuosidade do greide com suas rampas e curvas circulares de concordância, chegou-se então aos valores da Tabela 5, na qual retrata o contraste entre os dois cenários em números reais de custos de acordo com as tabelas de referências usadas nesse trabalho.

Tabela 5. Planilha Orçamentária dos principais serviços de pavimento do trecho com maior acréscimo de comprimento – trecho 3.

Fonte	Código	Unid.	Valor (R\$)		
			Unit.	Cenário 1°	Cenário 2°
1.0 Sub-base e Base					
1.1 Execução					
SEINFRA	C3234	M²	8,98	114.279,48	114.815,23
1.2 Transporte de material					
SINAPI	93592	M³x Km	0,31	94.681,44	95.125,32
1.3 Compactação do material					
SEINFRA	C3145	M²	3,22	40.977,72	41.169,83
2.0 Imprimação					
2.1 Execução					
SINAPI	96401	M²	5,86	248.581,20	249.746,58
2.2 Transporte de material asfáltico					
SINAPI	93179	Ton.x Km	1,85	22.507,21	22.612,72
3.0 Revestimento					
3.1 Execução					
SICRO	40113 70	M²	3,25	137.865,00	138.511,33
3.2 Aquisição de materiais asfálticos					
SINAPI	41903	Ton.	1990 ,00	312.330,50	313.803,10
3.3 Transporte de materiais a obra					
SICRO	59153 21	Ton.x Km	0,31	40.522,87	40.712,84
SINAPI	93179	Ton.x Km	1,85	22.507,21	22.612,72
Total (R\$)				1.034.252,63	1.039.109,67
Acréscimo R\$				4857,04	
Acréscimo (%)				0,47	

Fonte: o Autor 2022.

4. DISCUSSÃO

Após análise dos resultados encontrados, foi verificado que algumas premissas não se confirmaram, como, por exemplo, o fato de que o trecho que tivesse uma maior diferença de nível entre cota máxima e mínima destacar-se; 2 entre as demais como a sendo a mais propícia a ser com maior acréscimo de comprimento. Contudo, de acordo como estar representado na Tabela 1, esse fator não foi suficiente por si só para confirmar tal situação.

Destaca-se que o trecho com maior acréscimo de comprimento de greide foi a que apresentou a maior quantidade de curvas verticais circulares e rampas em aclives e declives, como é indicado na Tabela 3.

Os dados encontrados confirmaram a ideia de que existe um acréscimo, em todos os três trechos analisados

em suas respectivas regiões, mas principalmente nos trechos com maiores oscilações verticais no terreno natural que impuseram a necessidade do projetista de implantar curvas verticais de concordâncias, dando uma maior conformidade da linha do projeto com a linha natural, evitando custos adicionais de grandes cortes e aterros.

Tanto que o trecho 1, comparado com os outros trechos em estudo, mostrou uma maior amplitude entre os pontos de cota máxima e mínima, o que a apontou com maior potencial de acréscimo de comprimento por km de rodovia em planta. Este fato não foi confirmado, mesmo assim apresentou acréscimo ainda que não sendo o trecho com maior impacto, proporcionou 4,69 m/km de acréscimo no comprimento, retratado na Tabela 2. Fato esse justificado pela ausência de muita sinuosidade vertical no decorrer da sua extensão de 6,060 km, sendo a segunda maior em comprimento, que abrandou esse grande desnível de 256,10m pelo seu considerável comprimento na qual exibiu entre os demais trechos o menor número de rampas por km de 4,46 e o menor número de curvas verticais por km de 4,13 em seu perfil longitudinal, apresentado na Tabela 3.

O trecho 2 apresentou menor acréscimo de comprimento, resultando em 0,13 m/km. Isso se justifica por suas características topográficas apresentarem a menor amplitude entre cotas mínimas e máximas do relevo com desnível de 11,24m, resultando também em rampas mais suaves, e ainda pelo fato de ser o trecho com o menor número de curvas verticais e rampas por km durante o comprimento no perfil longitudinal, 4,84 e 5,49 respectivamente, demonstrado na Tabela 3.

O trecho 3 mostrou resultados que trouxeram novas reflexões sobre os fatores que realmente importam nesse processo de acréscimo de comprimento. Apesar do possuir menor amplitude topográfica com desnível de 15,89m e inclinações mais suaves, quando comparado com o trecho 1, o trecho 3 apresenta muitas oscilações no terreno, resultando em maior quantidade de curvas verticais e rampas por km com números de 18,95 e 19,20, respectivamente. Dessa forma apresentou 18,28m/km de variação de comprimento. Esse fator não era esperado do trecho 3, uma vez que está alocado em uma região litorânea; característica essa por apresentar aspectos topográficos planos e levemente ondulados.

Então foi feito o comparativo do orçamento de alguns dos principais serviços que compõem a execução da obra da rodovia e dentro do orçamento original confrontando o cenário 01 e cenário 02 do comprimento do trecho 03, que se destacou entre as demais como aquela com maior acréscimo de comprimento, e feito o cálculo e encontrados os resultados e visto que houve um acréscimo de 0,47% com relação ao valor inicial do projeto como mostra na Tabela 5.

5. CONCLUSÃO

Por meio deste estudo, pode-se perceber que através dos resultados apresentados a existência de fato de uma forma diferente de analisar e quantificar os dados referentes aos serviços de construção da rodovia

relacionados diretamente ao comprimento horizontal da via, influenciado pelas características da topografia local de cada trecho. Assim e trouxe reflexões sobre alguns aspectos relacionados ao trecho, tais como o fato de haver uma maior amplitude entre as cotas mínimas e máximas por si só não ser suficiente para indicar o trecho como sendo o mais propício a ter uma interferência da geometria vertical na geometria horizontal, proporcionando assim um maior acréscimo de comprimento. E também não pode desconsiderar um trecho, em razão da sua localização estar em área litorânea, que intuitivamente remete um falso conceito de ser um trecho plano ou pouco ondulado, que o mesmo não tenha possibilidade nenhuma de provocar um acréscimo considerável de comprimento final do trecho, e o mais importante, que foi a confirmação de que a topografia, de maneira geral, interfere no comportamento da geometria da via e seus quantitativos na sua dimensão mais expressiva, o comprimento, e que o plano vertical influencia no horizontal e vice-versa. Apesar dos resultados apresentarem uma margem pequena de acréscimo, e até menor que o esperado, pode-se encarar como sendo um impacto expressivo dentro de uma pequena amostra de serviços do orçamento geral, pois neste trabalho não foram analisados todos os serviços necessários para construção da obra rodoviária, o que poderia encorpar e corroborar ainda mais esses resultados.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecer ao professor Mestre Guilherme Nanni Grabowski sendo orientador deste trabalho, mostrou muita seriedade, compromisso e destreza na forma de ensinar, agradecer também a instituição FEITEP representado por todos seus colaboradores que sempre mostrou segurança e transparência no modo de tratar o ensino um ato de crescimento profissional e social.

7. REFERÊNCIAS

- [1] Confederação Nacional Do Transporte – CNT. Pesquisa CNT de rodovias 2019. 23ª ed. Brasília: CNT:SEST SENAT, 2019.
- [2] Mundo AEC - Blog oficial sobre soluções da Autodesk Brasil. BIM para infraestrutura de transportes rodoviários [26 set. 2022]. Disponível em: <https://blogs.autodesk.com/mundoaec/bim-para-estrutura-de-transportes-rodoviaros/>.
- [3] Machado JCJ. *et al.* Topografia geral. Recife: Edufrpe, 2014.
- [4] Peixoto CF. Introdução à geometria de vias. Rio Claro: notas de aulas, 2010.
- [5] Pimenta CRT, Oliveira MP. Projeto geométrico de rodovias. 2ª ed. São Carlos: Rima Editora, 2004.
- [6] Macedo E. Noções de topografia para projetos rodoviários. Concordância horizontal com curvas circulares simples. [03 out. 2022]. Disponível em: <https://docplayer.com.br/7638771-Nocoes-de-topografia-para-projetos-rodoviaros.html>.
- [7] Pontes Filho G. Estrada de rodagem: projeto geométrico. São Carlos: G. Pontes Filho, 1998.
- [8] Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística (IBGE). Noções básicas de cartografia. Rio de Janeiro: IBGE, 1998.
- [9] Oda S, Camargo D. Estradas. Londrina: Editora e distribuidora educacional S.A, 2019.
- [10] Senço W. Manual de técnicas de pavimentação. 2ª ed. São Paulo: Pini, 2007.
- [11] Bernucci LB, *et al.* Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. 3ª ed. Rio de Janeiro: PETROBRAS; ABEDA, 2008.
- [12] Mattos A D. Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas, estudos de caso, exemplos. São Paulo: Editora Pini, 2006.
- [13] Brasil. Decreto n.º 7.983, de 08 de abril de 2013. Estabelece regras e critérios para elaboração do orçamento de referência de obras e serviços de engenharia, contratados e executados com recursos dos orçamentos da União, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 09 abril. 2013. Seção 1, pt. 4.
- [14] Seinfra CE – Secretaria da infraestrutura governo do estado do Ceará [14 out. 2022]. Disponível em: <https://www.seinfra.ce.gov.br/aceso-a-informacao/perguntas-frequentes/>.