

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

TIAGO ESTRELLA DE AZEVEDO GOUVÊA

**ELABORAÇÃO DE PROJETO GEOMÉTRICO DE RODOVIAS UTILIZANDO O
AUTOCAD CIVIL 3D**

PROJETO DE CONCLUSÃO DE CURSO I

Niterói
2020

TIAGO ESTRELLA DE AZEVEDO GOUVÊA

**ELABORAÇÃO DE PROJETO GEOMÉTRICO DE RODOVIAS UTILIZANDO O
AUTOCAD CIVIL 3D**

PROJETO DE CONCLUSÃO DE CURSO I

Projeto de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para conclusão do curso.

Orientador:

Prof.^a Levi Salvi, D.Sc.

Niterói

2020

Ficha catalográfica automática - SDC/BEE
Gerada com informações fornecidas pelo autor

G719e Gouvêa, Tiago Estrella de Azevedo
ELABORAÇÃO DE PROJETO GEOMÉTRICO DE RODOVIAS UTILIZANDO O
AUTOCAD CIVIL 3D / Tiago Estrella de Azevedo Gouvêa ; Levi
Salvi, orientador. Niterói, 2020.
91 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia
Civil)-Universidade Federal Fluminense, Escola de Engenharia,
Niterói, 2020.

1. Estradas. 2. Projetos. 3. Modelagem em computador. 4.
Modelagem de Informação da Construção. 5. Produção
intelectual. I. Salvi, Levi, orientador. II. Universidade
Federal Fluminense. Escola de Engenharia. III. Título.

CDD -

TIAGO ESTRELLA DE AZEVEDO GOUVÊA

**ELABORAÇÃO DE PROJETO GEOMÉTRICO DE RODOVIAS UTILIZANDO O
AUTOCAD CIVIL 3D**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de Bacharelado em
Engenharia Civil, como requisito parcial
para conclusão do curso.

Aprovada em _____ de _____ de 2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Levi Salvi, D.Sc. (Orientador) - UFF

Prof. Walber Pascoal da Silva - UFF

Prof. Mayra Soares Pereira Lima Perlingeiro - UFF

Niterói

2020

“Nada do que é feito por amor é pequeno”

Chiara Lubich

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por me dar força e serenidade para enfrentar as adversidades durante o período de graduação.

Agradeço também aos meus pais Manoel Francisco Lopes de Gouvêa Junior e Claudia Estrella de Azevedo Gouvêa por todo o amor e apoio que sempre me deram e por me mostrarem que o estudo e a educação são transformadores e essenciais para minha vida.

Ao meu irmão Felipe Estrella e a minha irmã Leticia Estrella por estarem sempre por perto dividindo bons momentos em família e também aos familiares e amigos próximos que sempre me incentivaram e que sempre torceram e se alegraram com as minhas conquistas.

Agradeço ao meu orientador, Levi Salvi, pelas excelentes aulas durante a graduação que enriqueceram a paixão pela área de Transportes e por ter sido bastante paciente durante a orientação deste trabalho.

Agradeço pelas amizades conquistadas durante esta jornada da graduação. Amizades que tornaram essa caminhada bem mais leve e divertida. Sem a presença dessas pessoas fantásticas sempre me incentivando e ajudando, a graduação não seria a experiência especial que foi na minha vida.

Por fim, um agradecimento especial aos professores que passaram na minha vida, desde a infância até a graduação. Agradeço à paciência e a disposição de compartilhar seus conhecimentos, esclarecendo dúvidas e estimulando cada vez mais o aprendizado.

RESUMO

Um fator importante para a evolução humana é a integração entre as diversas sociedades. Essa integração só foi possível por meio de estradas e rodovias. Porém essas estradas necessitam atender parâmetros técnicos a fim de garantir a segurança do usuário e a operacionalidade da via além de possuir viabilidade econômica. A metodologia BIM permite dar características específicas para cada elemento de projeto e integrar esses elementos de forma automática. O software AutoCAD Civil 3D permite ao projetista a integração entre os elementos de projeto, a automatização de determinados processos e a elaboração de planilhas automáticas de quantidades. O Civil 3D possui ferramentas específicas para cada elemento de projeto e faz a avaliação entre esses elementos. Por essas características do software, o projetista tem ganho de tempo na elaboração do projeto e redução de retrabalho devido a interferências. O estudo de caso foi realizado seguindo as normas do DNER e posteriormente modeladas no AutoCAD Civil 3D. O software apresentou praticidade ao analisar e indicar pontos que não atendiam normas sendo necessário revisar o traçado e gerar automaticamente a planilha de volumes do projeto de terraplenagem já que o projeto proposto obteve grande volume de aterro.

Palavras-chave: AutoCAD Civil 3D, Projeto Geométrico, Rodovias, BIM

ABSTRACT

An important factor for the human evolution is the integration among different societies. This integration was only possible through roads and highways. However, these roads need to comply with technical parameters in order to guarantee the safety of the users and the routes' operability, besides having economic viability. The BIM methodology allows the specific characterization for each element of the project and the integration of these elements in an automatic way. The AutoCAD Civil 3D software grants to the project planner the integration of the project elements, the automation of determined processes and the elaboration of automatic quantity spreadsheets. The Civil 3D has specific tools for each element of the project and it does the evaluation among these elements. Because of these software's characteristics, the project planner has time gaining in the elaboration of the project and the reduction of work because of interferences. The study case was made following the Brazilian National Department of Roadways standards that were posteriorly modeled on the Civil 3D. The software presented practicality as it analyzed and indicated the items that did not fulfilled the norms, which made necessary the revision of the road tracing and the automatic generation of the volume spreadsheets in the earthwork project, owing to the suggested project that obtained a large volume of landfill.

Keywords: AutoCAD Civil 3D, Geometric Project, Roads, BIM

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Viaduto vegetado	25
Figura 2 - Interface do Civil 3D	26
Figura 3 - Ferramenta Toolspace	27
Figura 4 - <i>Edit Drawing Settings</i>	27
Figura 5 - <i>Drawing Settings</i>	28
Figura 6 - <i>Surfaces</i>	29
Figura 7 - <i>Alignment</i>	30
Figura 8 - Janela <i>Create Alignment</i>	30
Figura 9 - <i>Alignment Layout Tools</i>	31
Figura 10 - Aparência final do <i>Alignment</i>	32
Figura 11 - <i>Create Surface Profile</i>	33
Figura 12 - <i>Create Surface from Profile</i>	33
Figura 13 - <i>Create Profile View - General</i>	34
Figura 14 - Perfil Longitudinal do Terreno	34
Figura 15 - <i>Bands</i> do Perfil Longitudinal do Terreno	35
Figura 16 - <i>Profile Creation Tools</i>	35
Figura 17 - <i>Create Profile - Draw New</i>	36
Figura 18 - Perfil Projetado	37
Figura 19 – Janela <i>Create Assembly</i>	38
Figura 20 – <i>Create Assembly</i>	38
Figura 21 - Representação da <i>Assembly</i>	38
Figura 22 - <i>Tool Palettes</i>	39

Figura 23 - Seção Tipo.....	40
Figura 24 - Ícone <i>Corridor</i>	40
Figura 25 - <i>Create Corridor</i>	41
Figura 26 - <i>Baseline and Region Parameters</i>	42
Figura 27 - Corredor	42
Figura 28 - <i>Create Sample Line Group</i>	43
Figura 29 - <i>Sample Line Tools</i>	44
Figura 30 - <i>Create Multiple Section View</i>	45
Figura 31 - <i>Section View</i>	45
Figura 32 - Distância entre Conservatória e Valença	49
Figura 33 - Ponto de origem do projeto	50
Figura 34 - Ponto de destino do projeto	50
Figura 35 - Interface do <i>Opentopography</i>	51
Figura 36 - <i>Opentopography</i>	52
Figura 37 - <i>Software QGIS</i>	53
Figura 38 - Inserção da Topografia.....	54
Figura 39 - Curvas de Nível	54
Figura 40 - Elevações do terreno	55
Figura 41 - Traçado / Curvas de nível.....	55
Figura 42 - Poligonal de Exploração	56
Figura 43 - Medição da diferença entre alturas do relevo.....	57
Figura 44 - Divisão do trecho para classificação quanto ao relevo	58
Figura 45 - Dimensões do veículo de projeto adotado.....	61

Figura 46 - Seção transversal	62
Figura 47 - Curva horizontal no trecho 1	70
Figura 48 - Greide reto preliminar.....	73
Figura 49 - Curva vertical do trecho 1	75
Figura 50 - Seção transversal EST. 526+9,56m	76
Figura 51 - Tabela Resumo de Volumes.....	77
Figura 52 - Diagrama de Bruckner - parte 1	78
Figura 53 - Diagrama de Bruckner - parte 2	78
Figura 54 - Alinhamento horizontal final.....	79
Figura 55 - Perfil vertical - parte 1	79
Figura 56 - Perfil vertical - parte 2	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classes de projeto de acordo com os limites de volume médio diário.....	56
Tabela 2 – Classificação do relevo	57
Tabela 3 - Classificação do relevo por trecho	59
Tabela 4 - Velocidades diretriz para novo traçado	60
Tabela 5 - Características do veículo de projeto (m)	60
Tabela 6 - Largura das faixas de rolamento em tangentes	62
Tabela 7 - Valores aceleração média de ultrapassagem.....	64
Tabela 8 - Coeficiente de atrito transversal de acordo com a velocidade diretriz.....	65
Tabela 9 - Superelevações máximas por relevo e classe de projeto	65
Tabela 10 - Raio máximo de acordo com a velocidade diretriz	66
Tabela 11 - Raios de curvas que dispensam transição de acordo com a velocidade diretriz ...	67
Tabela 12 - Superlargura para pista de duas faixas de 3,60m e veículo CO	69
Tabela 13 - Rampas máximas.....	71
Tabela 14 - Valores de coeficiente de atrito para cada velocidade diretriz.....	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BIM	Building Information Modelling
BN	Biblioteca Nacional
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ISO	International Standards Organization
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DER	Departamento de Estradas e Rodagem

Sumário

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	Considerações iniciais.....	18
1.2	Objetivos	18
1.3	Justificativa.....	19
1.4	Organização do trabalho	19
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
3	ASPECTOS IMPORTANTES NA ESCOLHA DO TRAÇADO	22
3.1	Topografia.....	22
3.2	Geologia e tipo de solo da região	23
3.3	Hidrologia.....	23
3.4	Desapropriações.....	24
3.5	Interferências no meio ambiente.....	24
4	NOÇÕES DO AUTOCAD CIVIL 3D	26
4.1	Interface do AutoCAD Civil 3D.....	26
4.2	Configurações iniciais.....	27
4.3	Superfície (<i>Surface</i>).....	28
4.4	Alinhamento (<i>Alignment</i>).....	29
4.5	Perfil (<i>Profile</i>)	32
4.5.1	Perfil Longitudinal do Terreno.....	32
4.5.2	Perfil Longitudinal da Estrada.....	35
4.6	Seção Transversal (<i>Assembly e Sub-assembly</i>)	37
4.6.1	Eixo.....	37

4.6.2	Seção transversal acabada	38
4.7	Corredor (<i>Corridor</i>)	40
4.8	<i>Sample Lines</i> (Seção Gabaritada)	43
4.9	<i>Section View</i> (Vistas de Seção)	44
5	METODOLOGIA	46
5.1	Definição dos Pontos de Origem e Destino	46
5.2	Reconhecimento	47
5.3	Exploração.....	47
5.4	Determinação da Classe do Projeto	47
5.5	Elementos Gerais de Projeto	47
5.6	Projeto Horizontal.....	47
5.7	Projeto Vertical.....	47
5.8	Projeto de Terraplenagem	48
6	ESTUDO DE CASO	49
6.1	Pontos de Origem e Destino.....	49
6.1.1	Ponto de origem.....	49
6.1.2	Ponto de destino.....	50
6.2	Reconhecimento	51
6.2.1	Topografia	51
6.2.2	Superfície	53
6.3	Exploração.....	54
6.4	Classe de Projeto.....	56
6.5	Elementos Gerais de Projeto	57

6.5.1	Relevo	57
6.5.2	Velocidade Diretriz.....	59
6.5.3	Veículo de Projeto	60
6.5.4	Elementos de Seção Transversal	61
6.5.4.1	Largura de Faixa.....	61
6.5.4.2	Taludes.....	62
6.5.4.3	Estrutura da Via.....	62
6.6	Projeto Horizontal.....	63
6.6.1	Tangente mínima entre curvas	63
6.6.2	Distância de visibilidade de ultrapassagem.....	64
6.6.3	Raio mínimo de curva horizontal	64
6.6.4	Superelevação.....	66
6.6.5	Comprimento de transição em espiral	67
6.6.6	Superlargura	69
6.7	Projeto Vertical.....	70
6.7.1	Rampas máximas	71
6.7.2	Distância de visibilidade de parada	71
6.7.3	Comprimento de curva vertical	73
6.8	Projeto de Terraplenagem	75
6.8.1	Cálculo dos volumes de corte e aterro	76
6.9	Traçado Final.....	78
7	CONCLUSÃO	80
8	REFERÊNCIAS.....	81

9	APÊNDICES	83
9.1	Projeto Geométrico Horizontal.....	83
9.2	Projeto Geométrico Vertical.....	84
9.3	Volume de Terraplenagem	85

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

No contexto da evolução da raça humana a invenção e/ou desenvolvimento da roda foi muito importante. Povos nômades perceberam a facilidade de deslocamento e com a utilização dessa nova tecnologia desenvolveram carroças e outros meios de transporte de pessoas ou objetos movidos por tração animal. Porém, para que os meios de transporte funcionassem de modo mais eficiente percebeu-se que uma superfície plana e regular seria o ideal.

Entre os anos 3000 a.C. e 700 a.C. com o surgimento e crescimento das civilizações ao redor do Mar Mediterrâneo, no Oriente Médio e no Sudeste Asiático, o comércio entre regiões mais distantes cresceu significativamente e os objetos comercializados não puderam mais ser transportados por pessoas ou animais difundindo, então, o uso de veículos sobre rodas (WILLY, 2017).

Com a expansão do império romano até seu fim em 476 d.C., houve grande expansão das estradas para a movimentação dos exércitos e do comércio. Os romanos foram os primeiros a construir estradas em camadas de pavimentação com o objetivo de dar durabilidade e resistência. Ainda hoje, alguns trechos de estradas romanas estão preservados.

Após a revolução industrial e a invenção do automóvel, as estradas se tornaram objeto de estudo e progresso. Muito foi desenvolvido sobre a geometria, a terraplenagem, a pavimentação e a sinalização das rodovias. Atualmente as estradas são projetadas com o auxílio de *softwares* de desenho como o AutoCAD e de projeto como o AutoCAD Civil 3D.

1.2 Objetivos

O trabalho tem como objetivo principal o desenvolvimento de um projeto de estradas utilizando o *software* AutoCAD Civil 3D.

Alguns objetivos específicos contemplados no trabalho são:

- Breve explicação sobre algumas ferramentas do *software*;
- Representação do projeto geométrico horizontal e vertical em planta e perfil;

- Elaboração de seção transversal e modelagem do elemento “corredor”.

1.3 Justificativa

No dia 2 de abril de 2020, com o Decreto Federal nº 10.306 foi estabelecido a utilização do *Building Information Modelling* – BIM na execução de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e entidades federais. (Brasil, 2020). Portanto torna-se cada vez mais imprescindível o conhecimento de *softwares* BIM, que é o caso do AutoCAD Civil 3D.

BIM é a sigla de *Building Information Modelling*, ou ainda Modelagem da Informação da Construção, nome dado a uma metodologia de projeto em crescente ascensão na indústria da construção civil. O princípio dessa metodologia utiliza modelos digitais para representar de maneira mais exata possível o ciclo de vida de um empreendimento (LIMA, 2019).

A metodologia BIM, permite a integração das várias fases do projeto em um único elemento fazendo com que qualquer alteração feita em um sub-elemento (como a seção transversal ou o alinhamento horizontal) seja replicada nos outros elementos do projeto de forma automatizada. Com isso, as interferências ou inadequações são prontamente apontadas, ficando a cargo do projetista a correção destas.

Essa metodologia é importante porque o projeto de estradas envolve alguns sub-projetos que serão integrados ao projeto final e dependentes entre si. Por exemplo, mudanças na topografia podem gerar alterações no alinhamento horizontal que altera o alinhamento vertical, e que vai alterar a terraplenagem. Portanto nos *softwares* BIM, que é o caso do CIVIL 3D, essas pequenas alterações são realizadas automaticamente.

Utilizando essa metodologia, o projetista tem maior precisão no projeto, diminui o tempo da elaboração do projeto, diminui o tempo gasto em retrabalho e, com a maior precisão, os custos da execução menores.

Como cada projeto tem características únicas, o CIVIL 3D permite que o usuário crie *plug-ins* que atendam às características do projeto. Portanto o usuário pode modelar uma seção transversal específica ou então um dispositivo de drenagem específico.

1.4 Organização do trabalho

O presente trabalho está estruturado da seguinte forma:

No capítulo 2 é indicada a revisão bibliográfica e toda a parte de normas técnicas e manuais de instrução que envolvem o projeto de estradas e rodovias.

No capítulo 3 são indicados alguns aspectos importantes na escolha do traçado da rodovia.

Já no capítulo 4 são apresentadas algumas funções do *software* (AutoCAD Civil 3D) que serão utilizados no estudo de caso.

O Capítulo 5 versa sobre a metodologia que foi utilizada no estudo de caso.

No Capítulo 6 é mostrado um estudo de caso de uma estrada localizada no estado do Rio de Janeiro.

Já no Capítulo 7 estão apresentadas as conclusões do trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O Código Brasileiro de Trânsito (CTB) no capítulo 3, artigo 60, classifica as estradas em dois tipos: Vias Urbanas e Vias Rurais. As Vias Urbanas são subdivididas em: Via de Trânsito Rápido, Via Arterial, Via Coletora e Via Local. Já as Vias Rurais são subdivididas em: Rodovias e Estradas. (CTB-97)

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) possui o Manual de Projeto de Interseções que tem por objetivo estabelecer conceitos, critérios, métodos de análise e instruções específicas, bem como assegurar um tratamento uniforme dos elementos geométricos do projeto segundo às técnicas mais avançadas da engenharia rodoviária. (DNIT-2005)

Este órgão também possui o Manual de Projeto Geométrico-1999 (que foi desenvolvido pelo antigo DNER-Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, mas que foi absorvido pelo DNIT) que possui status normativo, mas tem como principal objetivo orientar e facilitar o trabalho de profissionais que atuam na área. Este manual é uma revisão e atualização do documento “Instruções para Projeto Geométrico de Rodovias Rurais-1979”.

Uma das referências mundiais em projetos de rodovias é o manual “*A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*”, idealizado pela *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) em parceria com as agências de transporte norte americanas. Além de fornecer considerações sobre a geometria das estradas, o manual ainda apresenta metodologias para a determinação dos controles de acesso, projetos de interseção e dispositivos de controle de tráfego. Neste documento, cada um dos tipos de via especificados pelo CTB recebe um capítulo particular, aprofundando a discussão sobre seus aspectos mais relevantes (AASHTO, 2001)

3 ASPECTOS IMPORTANTES NA ESCOLHA DO TRAÇADO

Para Pimenta e Oliveira (2004) a escolha do traçado nasce, em princípio, da necessidade ou conveniência em interligar duas localidades. Esse traçado deve atender às necessidades dos moradores da região, usuários da via e o menor custo possível.

Porém, nem sempre uma linha reta é a solução mais simples. Isso ocorre devido a vários fatores que interferem diretamente no traçado e no custo da execução da rodovia. Os fatores mais impactantes apontados por Pimenta e Oliveira (2004) nesta escolha são:

- Topografia da região;
- Geologia e tipo de solo da região;
- Hidrologia da região;
- Desapropriações;
- Interferências no meio ambiente.

Os fatores supracitados acabam por definir alguns pontos específicos em que o traçado da rodovia deve percorrer. Esses pontos são chamados de pontos obrigados, ou seja, pontos em que o traçado deve percorrer por conta da obstrução do traçado ou por solicitação da sociedade da região.

3.1 Topografia

A topografia é um dos fatores que mais impactam na escolha do traçado. Um terreno muito acidentado pode acarretar grandes movimentações de terra que podem inviabilizar economicamente o projeto. A topografia também influencia na necessidade e quantidade de Obras de Arte Especiais – OAE (pontes, viadutos, bueiros de estrada, túneis). Segundo Pimenta e Oliveira (2004) a topografia pode ser dividida em três grandes grupos:

“Terreno plano – Quando a topografia da região é suficientemente suave, de forma a permitir um projeto com boas condições de visibilidade, pequeno movimento de terra e sem necessidade de obras caras.

Terreno ondulado – Quando o terreno natural possui inclinações não muito fortes e/ou algumas escarpas ocasionais que exigem um movimento de terra médio.

Terreno montanhoso – Quando a topografia apresenta mudanças significativas nas elevações do terreno, sendo necessário grandes movimentos de terra e, algumas vezes, túneis e viadutos para obter-se um perfil aceitável para a estrada.” (Pimenta e Oliveira. 2004 pág 2)

3.2 Geologia e tipo de solo da região

As características geológicas do terreno da região são um fator importante na escolha do traçado já que o tipo de solo vai afetar diretamente a movimentação de terra e o método de escavação do terreno. Caso o terreno seja em solo de 3ª categoria (rocha sã), o método de escavação é por detonação de explosivo ou desmonte com brocas e discos de diamante que possui elevado custo, porém esse tipo de solo possui pequeno fator de empolamento. Já em solos de 2ª categoria (solos rijos e matacões) usam-se escavadeiras pesadas e rompedores hidráulicos que tem custo menor. Nos solos de 1ª categoria (solo orgânicos) a movimentação de terra é feita com escavadeiras, retroescavadeiras e pás- carregadeiras.

Alguns solos têm comportamento expansivo. Esse comportamento afeta o fator de empolamento (característica expansiva do solo) do material escavado e pode afetar as camadas de compactação. Os solos moles podem demandar rebaixamento de lençol freático ou estruturas para atravessar essa camada como pontes e viadutos.

3.3 Hidrologia

O estudo hidrológico da região é importante no caso de haver trechos que passam sobre cursos d'água ou muito próximos a eles. O estudo hidrológico vai gerar a cota máxima de cheia dos cursos d'água da região e essa informação é imprescindível para os projetos de Obras de Arte Especiais – OAE's (Pontes e Pontilhões) e Obras de Arte Corrente – OAC's (Bueiros e Galerias).

O estudo hidrológico também vai permitir o correto dimensionamento dos dispositivos de drenagem da rodovia e drenagem das banquetas de corte e aterro. Esses dispositivos são: sarjetas, canaletas e descidas d'água.

3.4 Desapropriações

No traçado de rodovias, deve-se evitar sempre que possível as propriedades particulares e benfeitorias porque dependendo da quantidade de interferência em benfeitorias, os custos e procedimentos de desapropriações podem inviabilizar a obra financeiramente e no seu prazo de execução.

3.5 Interferências no meio ambiente

A construção de uma estrada tem como característica dividir uma região em duas partes isoladas. Portanto essa divisão causa um grande impacto ambiental e social que precisa de um estudo técnico específico para avaliar a magnitude deste impacto.

Para reduzir esse impacto, são construídos túneis e até viadutos para a travessia de animais já que de acordo com um levantamento feito em 2016 pela Universidade de Lavras (Ufla-MG), quatrocentos e setenta e cinco milhões de animais silvestres morrem atropelados no Brasil todos os anos, o que significa que a cada segundo quinze animais silvestres são atropelados no país. (Werneck, 2017).

Na figura 1 abaixo, mostra um viaduto vegetado. Segundo Sousa (2020), o viaduto foi criado para conectar a Reserva Biológica de Poço das Antas com a faixa de mata atlântica do outro lado da BR-101. A via foi duplicada e a implementação de passagens de fauna era parte das obrigações para a concessão de licença da obra.

Figura 1 - Viaduto vegetado



Fonte: ciclovivo.com.br.

Em geral, a implantação das rodovias federais é concretizada mediante ao processo de licenciamento ambiental ordinário. Neste processo, o empreendedor deve obter as licenças prévia, de instalação e de operação da via (Brasil, 2013).

4 NOÇÕES DO AUTOCAD CIVIL 3D

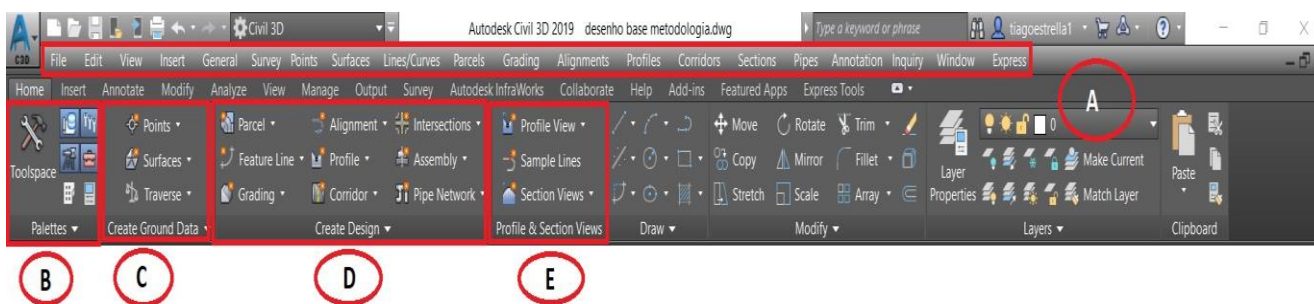
Neste capítulo serão apresentadas as principais funções do AutoCAD Civil 3D que são utilizadas em projetos geométricos de rodovias.

4.1 Interface do AutoCAD Civil 3D

A interface do AutoCAD Civil 3D é parecida com a interface dos outros produtos das Autodesk que consiste basicamente na *Ribbon* na parte superior, a área de desenho na parte central da tela e a caixa de comando na parte inferior.

A Figura 2 mostra as principais diferenças do Civil 3D que são as funções do *Menu Bar* (A), além das abas *Palettes* (B), *Create Ground Data* (C), *Create Design* (D) e *Profile & Section View* (E) que contém as principais ferramentas e comandos destinados a projetos de estradas.

Figura 2 - Interface do Civil 3D

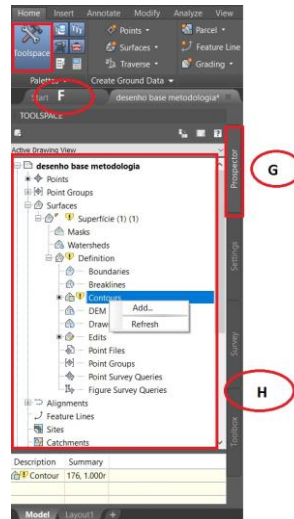


Fonte: O autor

Na Figura 3, a principal ferramenta de gerenciamento de projetos de estradas no AutoCAD Civil 3D é o *Toolspace* (F). Ela é subdividida em quatro abas principais: *Prospector*, *Settings*, *Survey* e *Toolbox*.

Na aba *Prospector*, há uma estrutura hierarquizada das ferramentas de projeto. Para fazer qualquer modificação em qualquer elemento é preciso expandir a hierarquia até o subitem desejado e clicar com o botão direito do mouse onde aparecerão as opções de edição do elemento.

Figura 3 - Ferramenta Toolspace

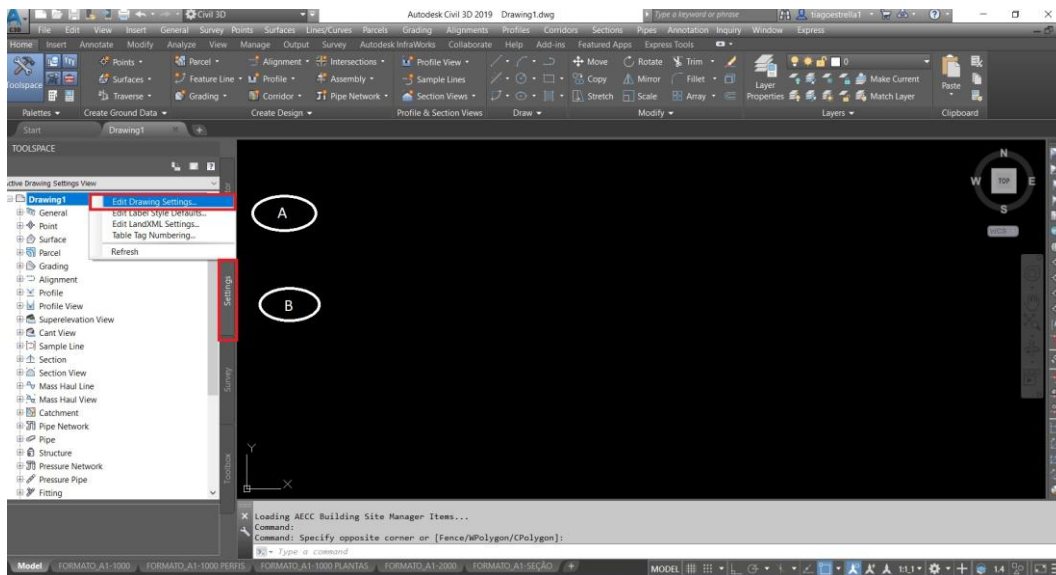


Fonte: O autor

4.2 Configurações iniciais

Na área de trabalho da *Toolspace*, ilustrada na Figura 4, na aba *Settings* (B), ao clicar com o botão direito do mouse, aparece uma janela de opções. Em *Edit Drawing Settings* (A), abre a janela de opções de configurações de desenho.

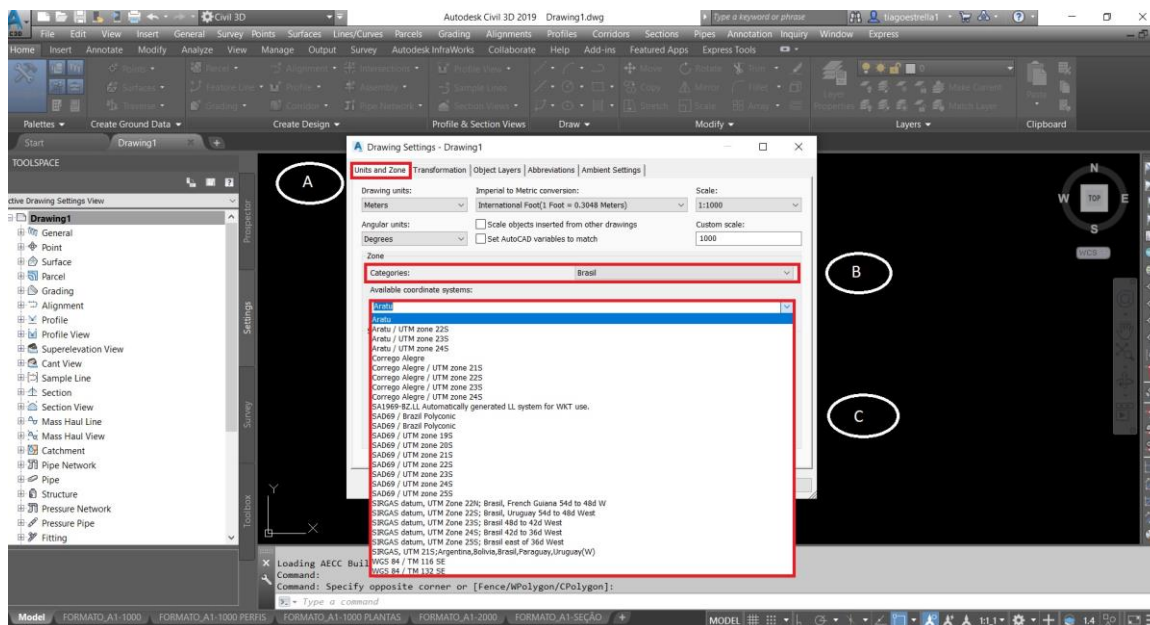
Figura 4 - *Edit Drawing Settings*



Fonte: O autor

Na janela *Drawing Settings*, na aba *Units and Zone* (A), escolhe-se em *Categories* (B) a zona do projeto e a opção *Available Coordinate Systems* (C) é escolhido o *Datum* (o georreferenciamento) do projeto (Figura 5).

Figura 5 - *Drawing Settings*



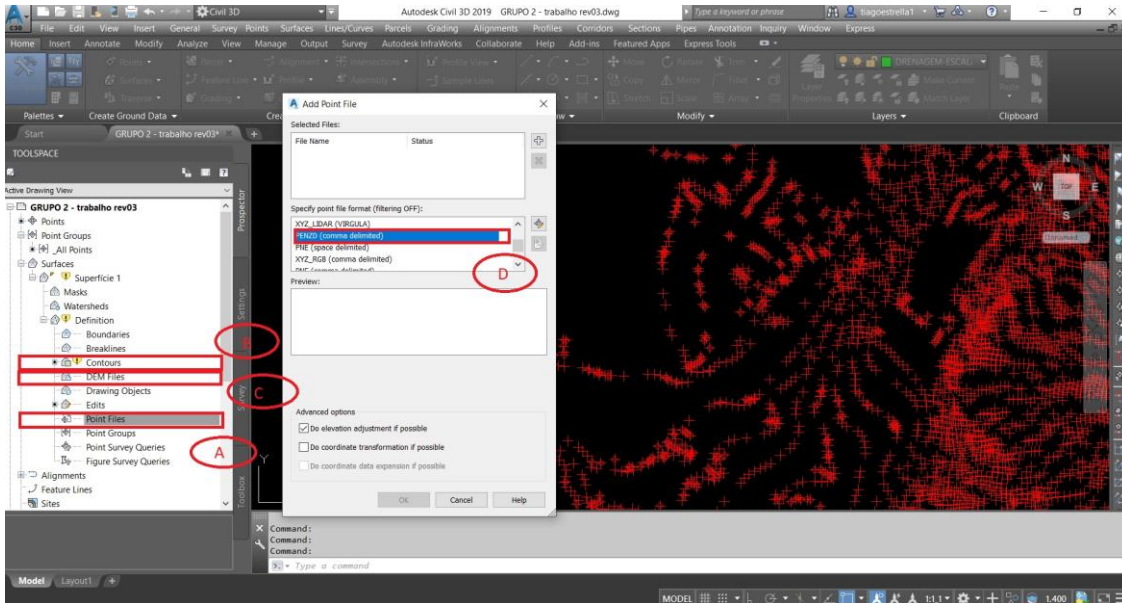
Fonte: O autor

4.3 Superfície (*Surface*)

O AutoCAD Civil 3D dispõe de várias ferramentas para gerar as superfícies conforme ilustrado na figura 6. A mais comum é a importação de arquivos de pontos topográficos (A) onde o usuário pode importar o arquivo de pontos de acordo com a formatação do arquivo (D). Pode-se, também, gerar a superfície por meio de curvas de nível de arquivos 3D do AutoCAD (B).

Uma forma de gerar superfície que vem crescendo muito, é a importação da topografia por fotos georreferenciadas. O usuário configura a imagem e gera os contornos em *software* externo e depois importa as informações para o AutoCAD Civil 3D.

Figura 6 - Surfaces



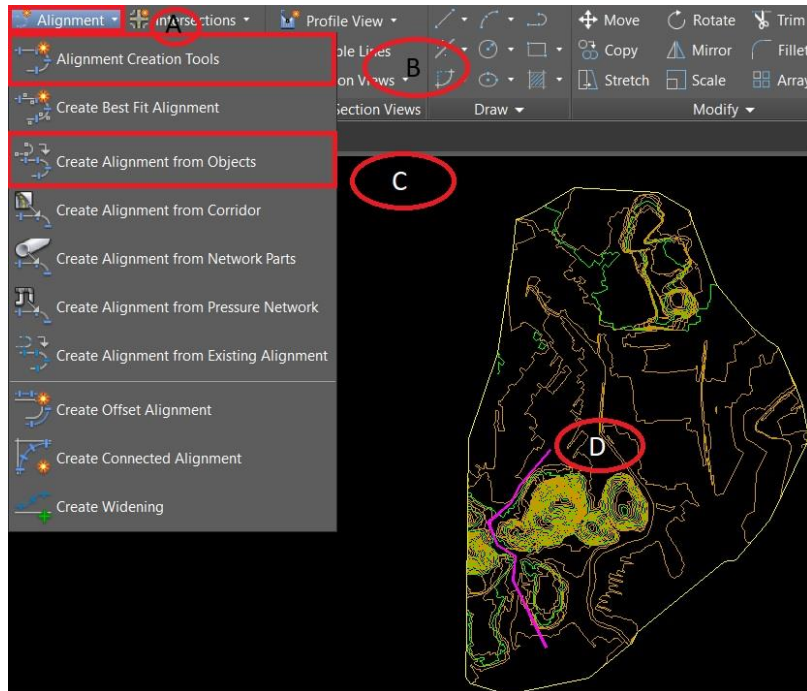
Fonte: O autor

4.4 Alinhamento (*Alignment*)

A ferramenta *Alignment* (figura 7) define o eixo da rodovia. Esse eixo pode ser o centro da seção transversal ou o alinhamento de algum outro elemento da seção como o eixo do meio fio ou o eixo do canteiro central (se houver).

Na opção *Alignment* (A) da aba *Create Design*, há várias opções de criar um alinhamento. As mais comuns são a *Alignment Creations Tools* (B), onde o alinhamento é criado do início (utilizando linhas) e a *Create Alignment from Object* (C), onde o alinhamento é criado a partir de uma polilinha (D).

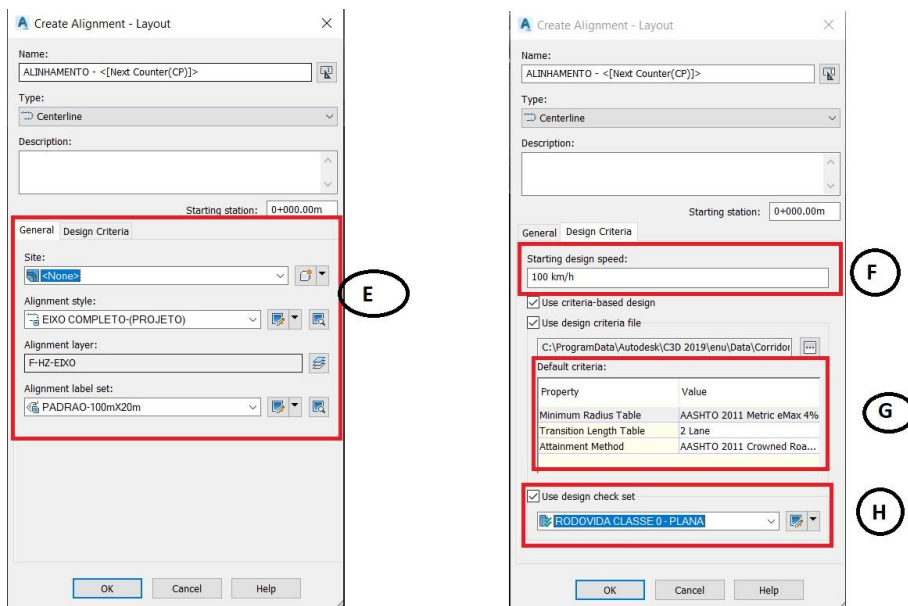
Figura 7 - Alignment



Fonte: O autor

Na janela *Create Alignment – Layout* (Figura 8), são definidos o estilo do Alinhamento (E) e na aba *Design Criteria* são definidos parâmetros de projetos como velocidade diretriz (F), Raios Máximos e Mínimos (G) e Classe da Rodovia (H).

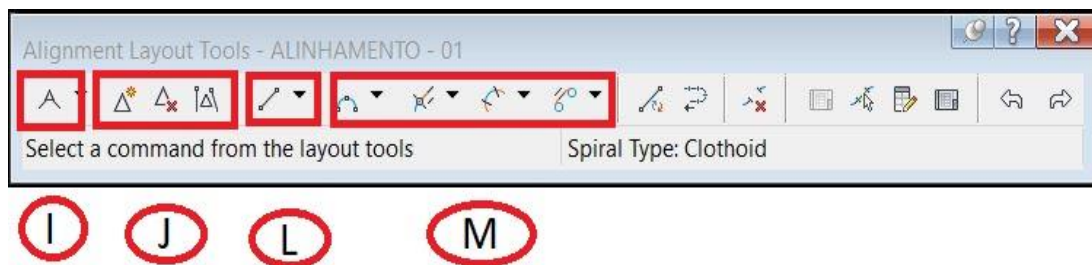
Figura 8 - Janela *Create Alignment*



Fonte: O autor

Na Figura 9, tem-se a janela *Alignment Layout Tools* que é a ferramenta de desenho dos alinhamentos. O ícone (I) permite a criação de linhas sem curvas. Essa é uma ferramenta importante para a criação da poligonal de exploração. Os ícones (J) permitem a inserção ou exclusão de PI's (Pontos de Interseção). O ícone (L) insere linhas com algumas configurações específicas como comprimento e tangência à uma curva. Nos ícones (M) estão as ferramentas de criação de curvas. É possível criar curvas simples, curvas com espiral, curvas compostas e curvas com características pré-determinadas como raio, comprimento, centro da curva, tangência a linhas e etc.

Figura 9 - *Alignment Layout Tools*



Fonte: O autor

A Figura 10 ilustra o aspecto final do Alignment criado pelo Civil 3D. O estilo do padrão DNIT configurado no *software* mostra os pontos notáveis da curva (PC-Ponto de Curva, PT-Ponto de Tangência) bem como suas estacas. O estilo foi alterado pelo autor para mostrar as estacas intermediárias.

Figura 10 - Aparência final do *Alignment*



Fonte: O autor

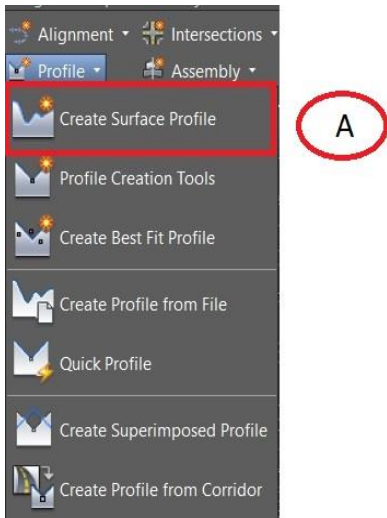
4.5 Perfil (*Profile*)

Nesta seção serão apresentadas as ferramentas de criação do perfil longitudinal do terreno e também do perfil longitudinal de projeto.

4.5.1 Perfil Longitudinal do Terreno

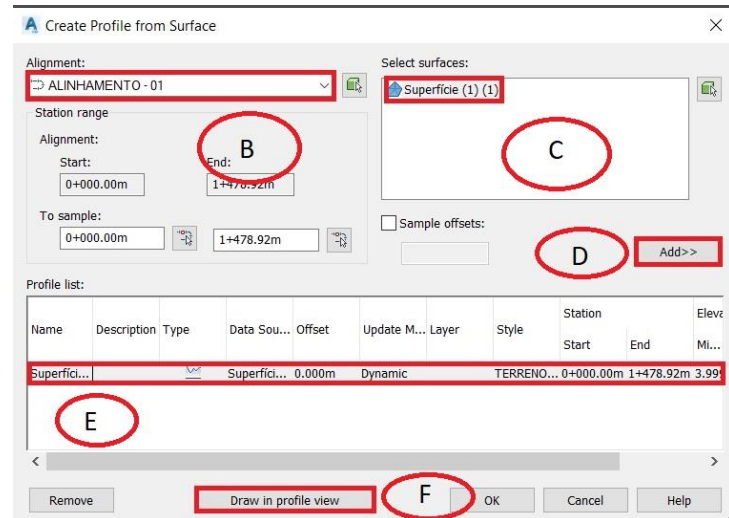
O perfil topográfico do terreno é obtido utilizando a ferramenta *Creation Surface Profile* (A) (Figura 11) que se encontra na aba *Design Criteria*. A Figura 12 mostra a inserção dos elementos que compõem o perfil topográfico do terreno. Em (B), é selecionado o alinhamento que se deseja conhecer o perfil. Em (C), é selecionado a superfície onde está inserido o alinhamento. Após clicar em “Add>>” (D) o terreno é inserido no *Profile List* (E). Com a superfície inserida em (E), basta ir em *Draw in Profile View* (F) para abrir a caixa “*Create Profile View*”, conforme ilustra a Figura 13.

Figura 11 - *Create Surface Profile*



Fonte: O autor

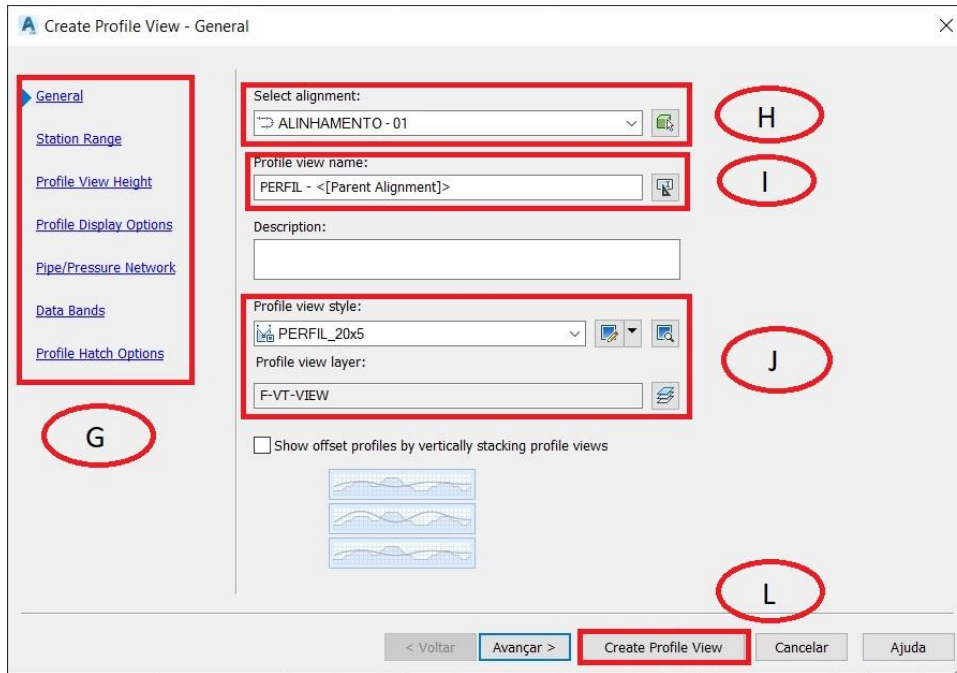
Figura 12 - *Create Surface from Profile*



Fonte: O autor

Clicando em *Draw in Profile View* vai abrir a janela *Create Profile View* (figura 13). Em (G) são mostradas as abas de configuração do perfil. Na aba *General*, define-se o alinhamento (H) e pode-se nomear o perfil topográfico (I). Também nesta aba, são definidos o estilo de visualização do perfil e o *layer* do perfil do terreno (J). Após essas configurações, marca-se o ícone *Create Profile View* (L) e seleciona-se um ponto de inserção do perfil na tela de desenho.

Figura 13 - Create Profile View - General

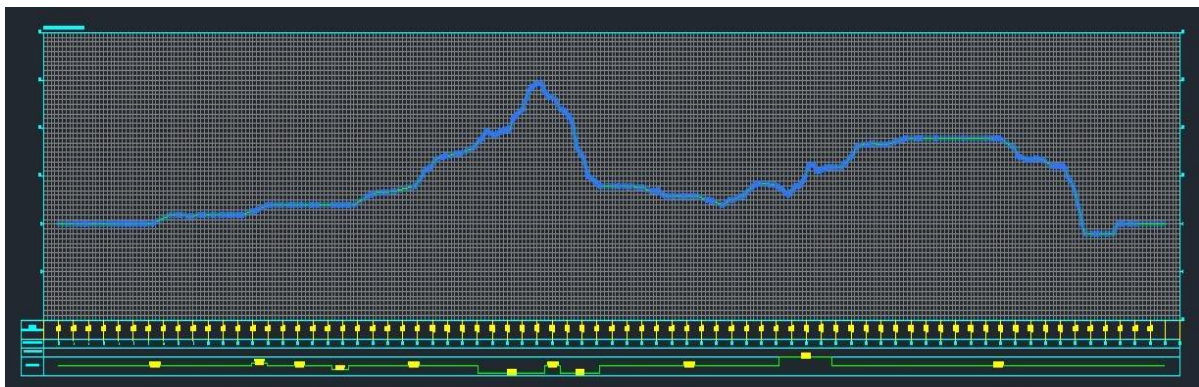


Fonte: O autor

No padrão disponibilizado pelo DNIT, o perfil longitudinal do terreno é representado conforme ilustra a Figura 14.

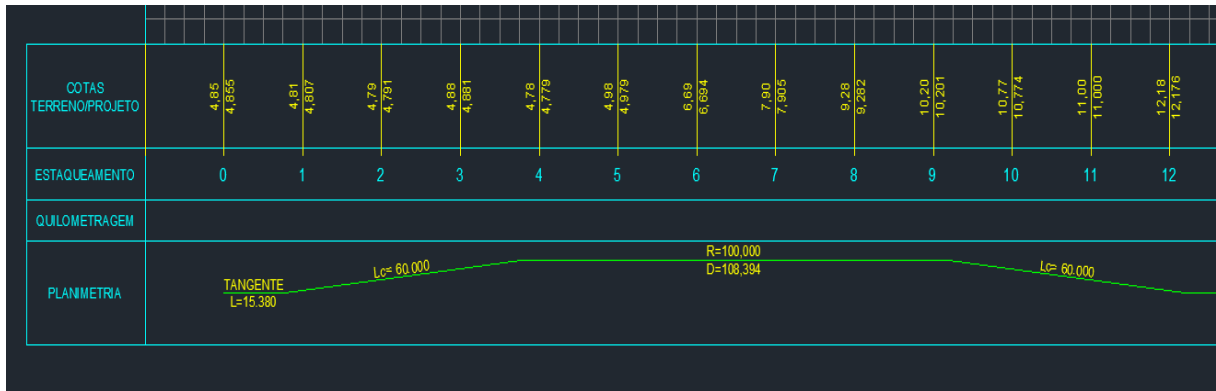
A Figura 15 mostra uma ampliação das *Bands* do perfil. As *Bands* são informações importantes que se obtém do perfil. Neste caso, têm-se a cota do terreno e a cota do projeto, o estaqueamento e a planimetria.

Figura 14 - Perfil Longitudinal do Terreno



Fonte: O autor

Figura 15 - Bands do Perfil Longitudinal do Terreno

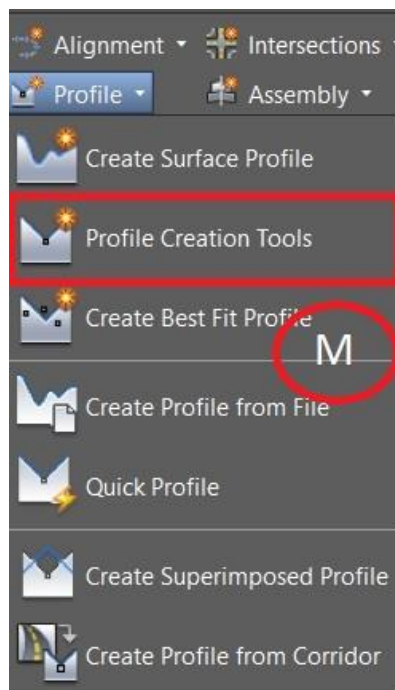


Fonte: O autor

4.5.2 Perfil Longitudinal da Estrada

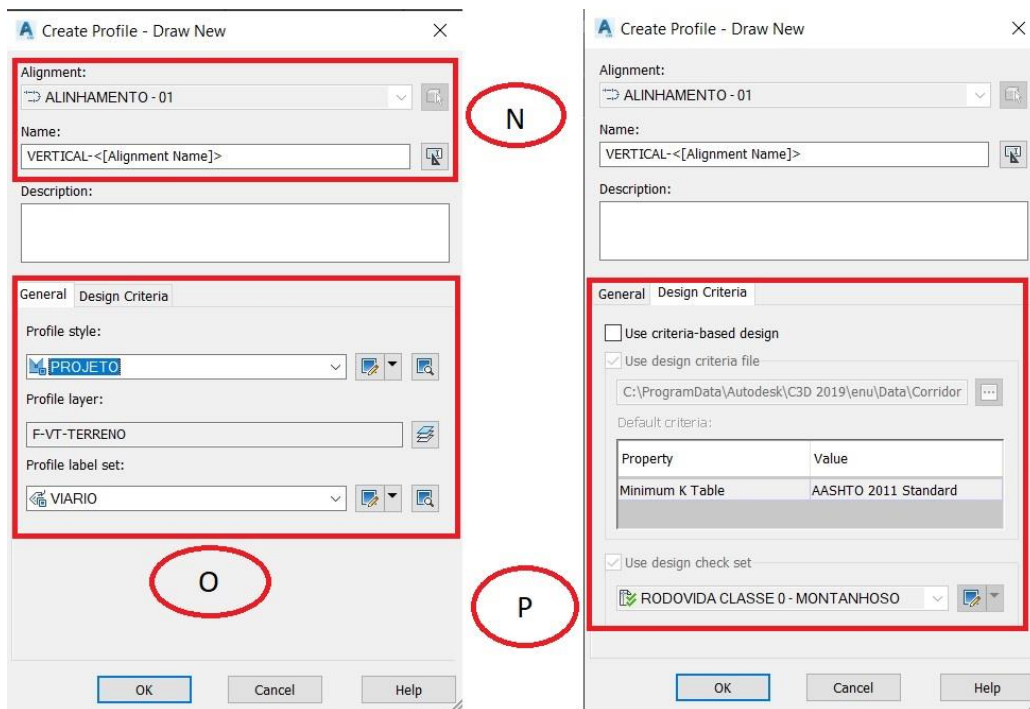
Para desenhar o perfil da estrada (Greide), é preciso estar em *Profile*, na aba *Create Design*, (Figura 16) e selecionar a opção *Profile Creation Tools* (M). Na janela *Create Profile – Draw New* (Figura 17) que vai aparecer em seguida, o usuário pode verificar o nome do alinhamento e escolher o nome do perfil vertical (N), configurar o estilo e a *layer* na aba *General* (O), e definir os critérios de projeto na aba *Design Criteria* (P).

Figura 16 - *Profile Creation Tools*



Fonte: O autor

Figura 17 - Create Profile - Draw New

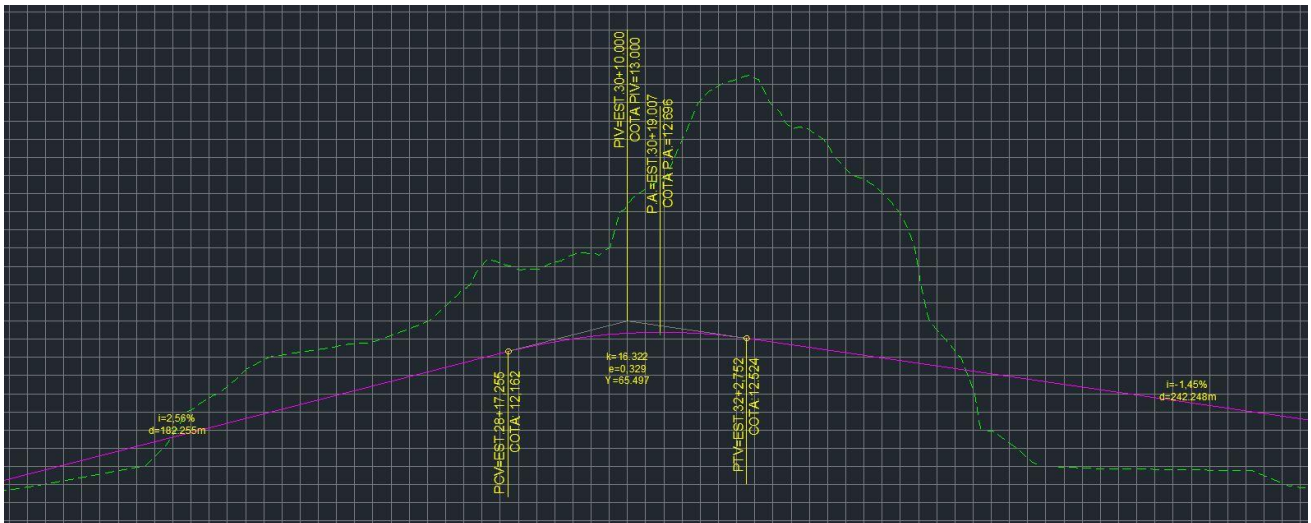


Fonte: O autor

Na Figura 18, pode-se observar o perfil projetado (Greide). No estilo sugerido pelo DNIT são apresentadas as seguintes informações:

- PCV – Ponto de Curva Vertical;
- PIV – Ponto de Interseção Vertical;
- PTV – Ponto de Interseção Vertical;
- Inclinação das Tangentes e seus comprimentos;
- Elementos da curva.

Figura 18 - Perfil Projetado



Fonte: O autor

4.6 Seção Transversal (*Assembly e Sub-assembly*)

Nesta seção, serão apresentadas as ferramentas de criação da seção transversal da rodovia.

4.6.1 Eixo

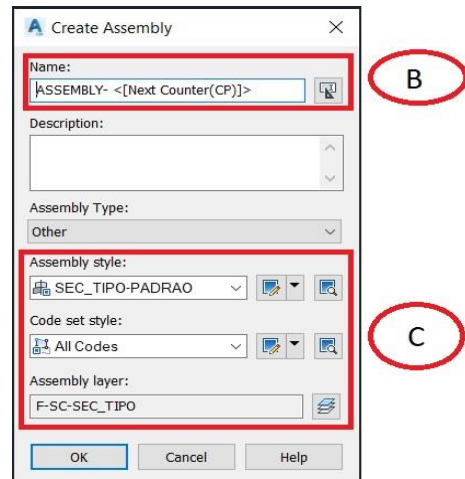
Para criar a seção transversal no AutoCAD Civil 3D, é preciso criar o objeto *Assembly* que é a linha de eixo da seção transversal. Para isso é preciso acionar o ícone *Assembly* ilustrado na Figura 20, na aba *Create Design* e clicar em *Create Assembly* (A). Na janela *Create Assembly* (Figura 19), é possível nomear a *Assembly* (B), definir um estilo e um *layer* para a mesma (C).

Figura 20 – *Create Assembly*



Fonte: O autor

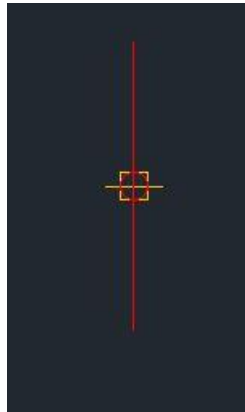
Figura 19 – Janela *Create Assembly*



Fonte: O autor

A Figura 21 ilustra a representação da *Assembly* no AutoCAD Civil 3D. A partir dessa representação, o projetista pode ir inserindo os elementos da seção transversal.

Figura 21 - Representação da *Assembly*



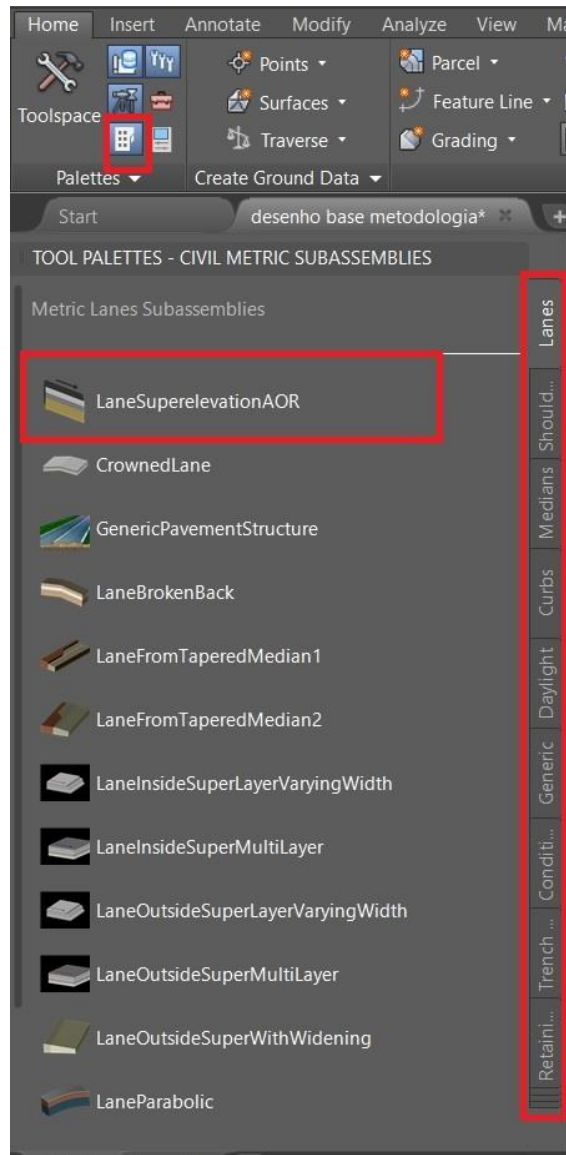
Fonte: O autor

4.6.2 Seção transversal acabada

Para gerar a seção transversal acabada, utiliza-se o ícone *Tool Palettes*, na aba *Palettes*, que vai abrir a aba *Tool Palettes* onde tem-se várias opções de seção transversal - Pontes, Rodovias, Ferrovias, Canais - e seus elementos como calçadas, barreiras tipo *New Jersey*, sarjetas, taludes de corte e de aterro.

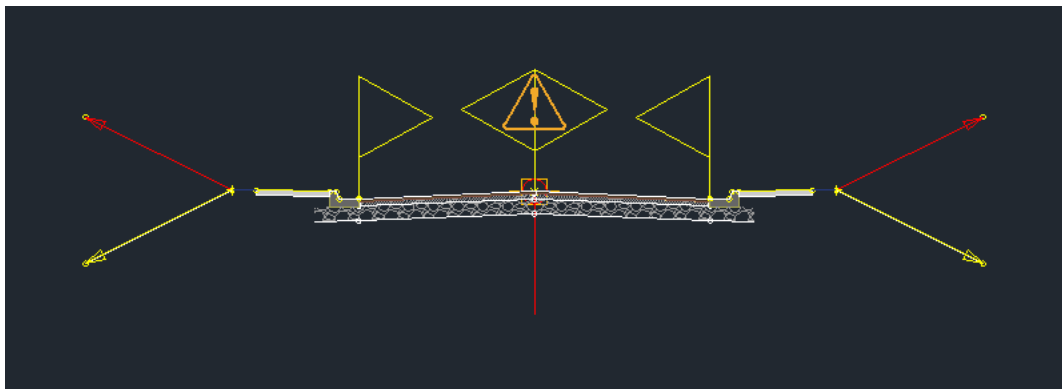
Na Figura 23 é mostrada a seção acabada da rodovia.

Figura 22 - *Tool Palettes*



Fonte: O autor

Figura 23 - Seção Tipo



Fonte: O autor

4.7 Corredor (*Corridor*)

Para unir os elementos que compõem o projeto da rodovia em uma única entidade, o AutoCAD Civil 3D dispõe da ferramenta *Corridor*. O ícone do *Corridor* se encontra na aba *Create Desing* da aba *Home* (Figura 24). Essa ferramenta une o alinhamento horizontal, o alinhamento vertical e a seção transversal.

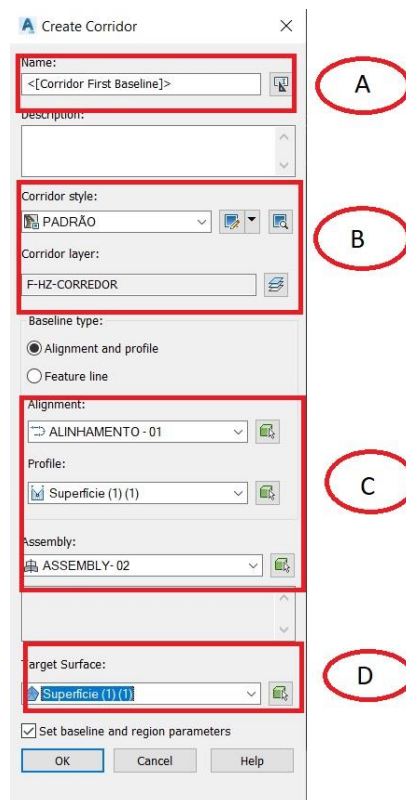
Figura 24 - Ícone *Corridor*



Fonte: O autor

Na janela *Create Corridor* (Figura 25), o usuário pode nomear o Corredor (A) e definir um estilo e um *layer* específico (B). Em (C), o usuário define o alinhamento horizontal, o alinhamento vertical e a seção transversal que ele deseja incluir no Corredor. Em (D), o usuário define em qual superfície o Corredor vai estar inserido.

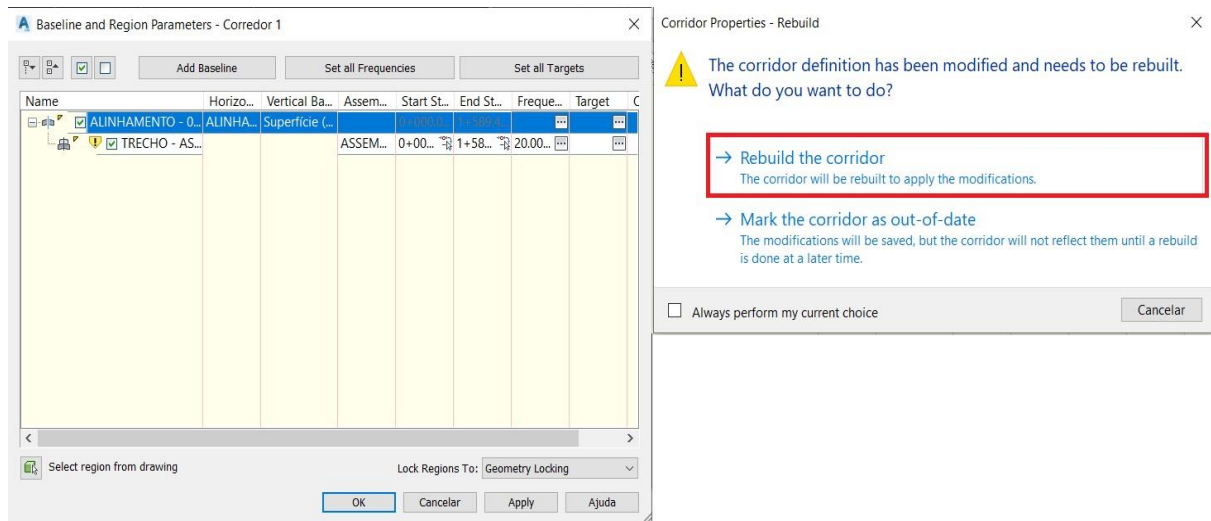
Figura 25 - *Create Corridor*



Fonte: O autor

Após as configurações iniciais do Corredor, na Janela *Baseline and Region Parameters* (Figura 26) o usuário tem a possibilidade de avaliar qual o trecho em que a seção transversal estará inserida, se deseja criar novas superfícies com as referências da seção transversal.

Figura 26 - Baseline and Region Parameters



Fonte: O autor

Na figura 27 é mostrado a modelagem final do corredor com a indicação das banquetas de corte e aterro.

Figura 27 - Corredor



Fonte: O autor

4.8 *Sample Lines* (Seção Gabaritada)

Para criar a *Samples Lines* é preciso clicar no ícone *Sample Lines* na aba *Profile & Section View*. Clicando no ícone vai a abrir a janela *Create Sample Line Group* (figura 28) onde serão definidos o nome do grupo de seções, o estilo da linha que vai marcar a seção, o layer e o Alinhamento desejado (A). Já em (B) podemos ver quais as superfícies serão inseridas nas seções transversais.

Figura 28 - *Create Sample Line Group*

The dialog box 'Create Sample Line Group' has the following configuration:

- Name: SEÇÕES - <[Parent Alignment Name]>
- Description: (empty)
- Alignment: ALINHAMENTO - 01
- Sample line style: PLANTA
- Sample line label style: ESTACA
- Sample line layer: F-HZ-SECAO (circled with 'A')

The 'Select data sources to sample:' table is as follows:

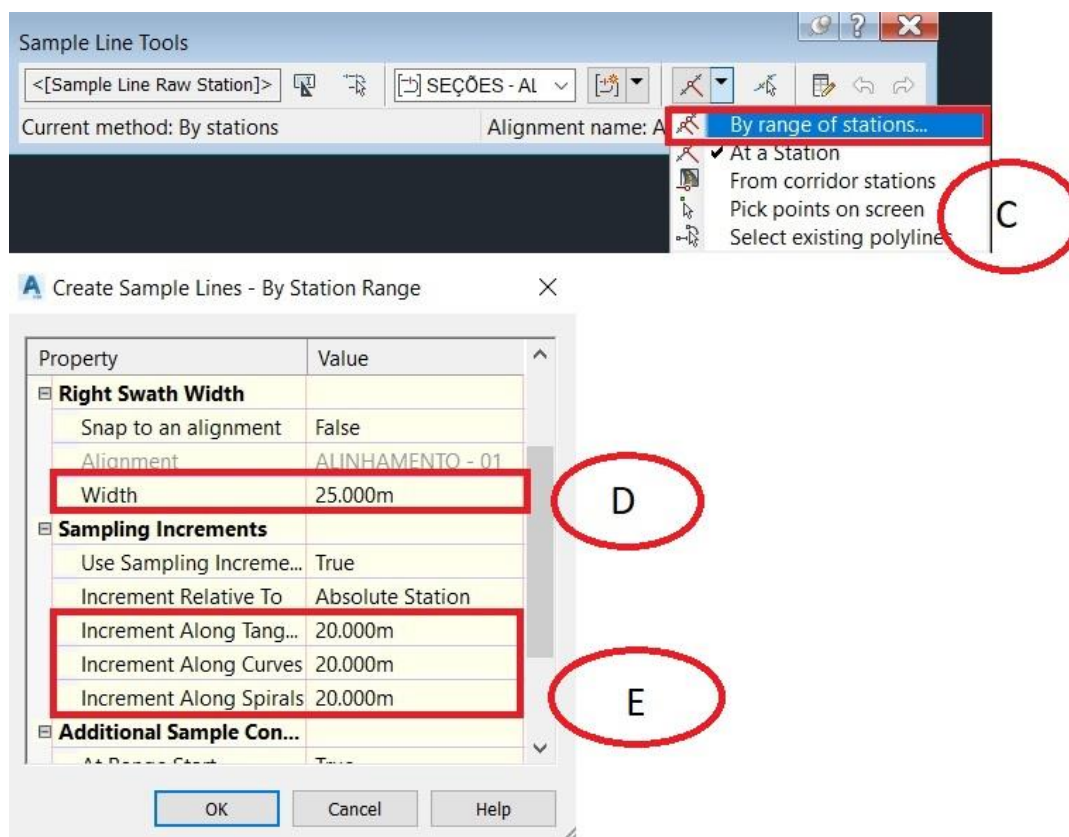
Type	Data Source	Sample	Style	Section layer	Update Mode
	Superfície 1	<input checked="" type="checkbox"/>	Standard	F-SC-SECAO	Dynamic
	Corredor 1	<input checked="" type="checkbox"/>	Standard	F-SC-PROJETO	Dynamic
	REDE - B	<input checked="" type="checkbox"/>		H-DISPOSITIVO	Dynamic
	REDE - D	<input checked="" type="checkbox"/>		H-DISPOSITIVO	Dynamic
	REDE - A	<input checked="" type="checkbox"/>		H-DISPOSITIVO	Dynamic
	REDE - C	<input checked="" type="checkbox"/>		H-DISPOSITIVO	Dynamic

Buttons: OK, Cancel, Help

Fonte: O autor

Após as configurações iniciais, irá aparecer a janela *Sample Line Tools* (figura 29), onde é possível definir parâmetros das seções. Em *By range of stations* (C) vai abrir a janela *Create Sample Lines – By Station Range* onde algumas características das seções podem ser alteradas como: a largura das seções (D) e o intervalo de seções no alinhamento vertical (D).

Figura 29 - Sample Line Tools

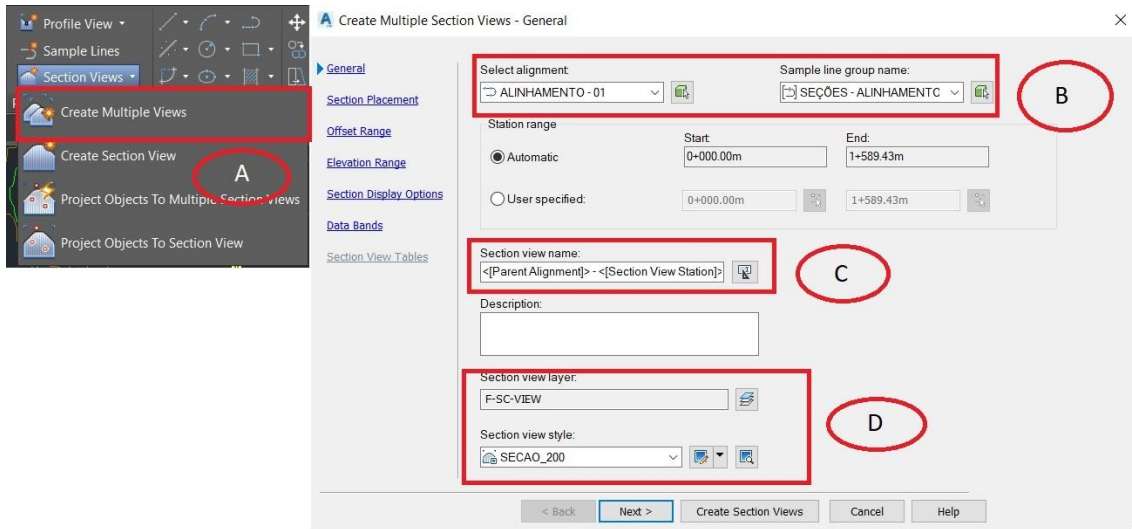


Fonte: O autor

4.9 Section View (Vistas de Seção)

Para gerar as vistas de seção transversal têm a opção *Section View* na aba *Profile & Section View*. Ao clicar em *Create Multiple Section Views* (A) abre-se a janela *Create Multiple Section View – General* (figura 30) onde é possível escolher o alinhamento e o grupo de *sample lines* (B). Em (C) o usuário pode definir um nome para o grupo de vistas de seção. Em (D) o usuário define o layer da seção e estilo de apresentação da seção.

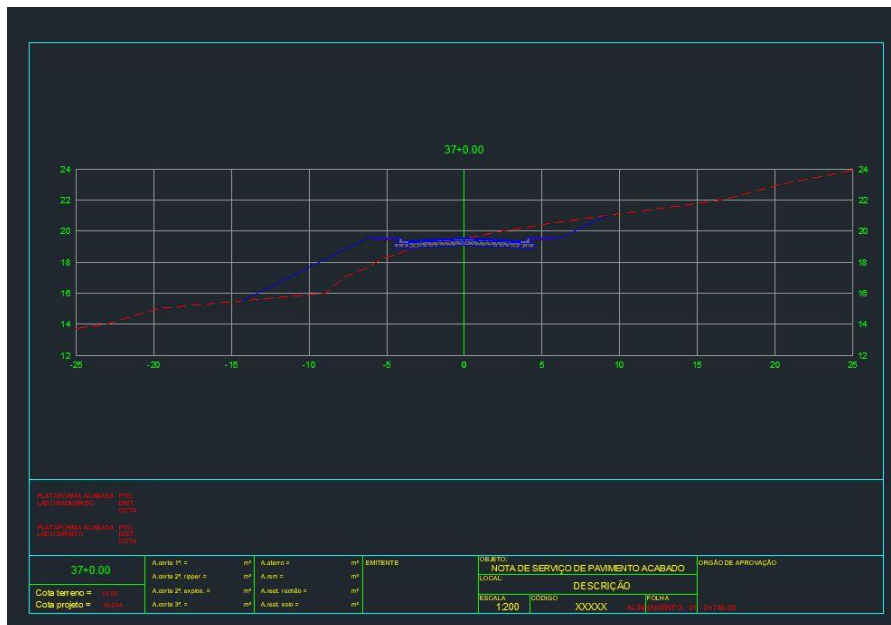
Figura 30 - *Create Multiple Section View*



Fonte: O autor

Na figura 31 vemos um exemplo de seção transversal acabada com os taludes de corte e aterro. Na versão do Country Kit Brasil a seção já vem configurada em um template baseado no padrão do DNER com indicações de volumes de corte e aterro, cotas de terreno e de projetos, indicação de escala, estaca e etc.

Figura 31 - *Section View*



Fonte: O autor

5 METODOLOGIA

A metodologia adotada durante a execução do estudo de caso compreende algumas etapas importantes. São elas:

- Definição dos pontos de origem e destino
- Reconhecimento
- Exploração
- Determinação da classe de projeto
- Elementos gerais de projeto
- Projeto Horizontal, Vertical e de Terraplenagem

O projeto de rodovias segue fluxo único que começa com a topografia, traçado em planta, traçado do perfil longitudinal e definição da seção transversal. O AutoCAD Civil 3D também segue esse fluxo de trabalho com a criação da *Surface*, depois é criado o *Alignment*. Com o *Alignment* criado é possível gerar o *Profile*. A seção transversal é criada a partir das *Assemblys* que quando unidas ao *Profile* gera o chamado *Corridor* que é a estrada em si. Com o *Corridor* criado é possível obter os volumes de Corte e Aterro da estrada.

A modelagem realizada no estudo de caso foi desenvolvida no *template* de trabalho do DNIT. Esse *template* apresenta o estilo de representação gráfica dos projetos em conformidade com os padrões aceitos por este departamento. Esse *template* consta na versão AutoCAD Civil 3D Brazil que usa os critérios contidos no Manual de Projetos Geométricos de Rodovias Rurais do DNER (Civil 3D Brazil, 2019).

5.1 Definição dos Pontos de Origem e Destino

Os pontos de origem e destino devem preferencialmente ser em pontos de estrada existente para a melhor concordância da nova estrada com a malha rodoviária local existente. Esses pontos são em geral localizados nas entradas e saídas das localidades atendidas pelo projeto.

5.2 Reconhecimento

Nesta fase são obtidas as informações básicas como topografia, mapas do tipo de solo e estudos hidrológicos e são realizadas avaliações do traçado inicial diante dos principais pontos de impacto no projeto que são: Relevo, Geotecnia e Hidrologia locais.

5.3 Exploração

Na fase de exploração é concebido o traçado inicial baseando-se nos pontos obrigatórios de passagem e melhor aproveitamento do relevo local. Pontos obrigados são pontos que favorecem o projeto da rodovia na questão de custos e segurança. Em geral são pontos onde a travessia de cursos d'água é menor por conta disso a OAE será menor e mais barata ou então gargantas em cadeias montanhosas que reduz a quantidade de corte e aterro ou a construção de túneis.

5.4 Determinação da Classe do Projeto

O DNER disponibiliza uma classificação do projeto baseado no Volume Médio Diário de veículos e no tipo de relevo por onde passa a rodovia. Essa classe de projeto varia da Classe 0 (Via Expressa) até a Classe IV.

5.5 Elementos Gerais de Projeto

São os elementos técnicos que norteiam o desenvolvimento dos projetos geométricos da rodovia. Entre os elementos gerais de projeto considerados por esta metodologia, encontram-se: relevo, velocidade diretriz e os elementos de seção transversal.

5.6 Projeto Horizontal

Nesta etapa são definidas as curvas horizontais do projeto segundo os parâmetros do DNER. O software auxilia o projetista na hora do desenho das curvas na poligonal de exploração além de gerar automaticamente o estaqueamento da rodovia e indicar os pontos notáveis do projeto horizontal

5.7 Projeto Vertical

Nesta etapa são definidas as curvas verticais do projeto segundo os parâmetros do DNER. O software auxilia o projetista na hora do desenho das curvas parabólicas no perfil longitudinal da pista.

5.8 Projeto de Terraplenagem

Para realizar o projeto de terraplenagem, o AutoCAD Civil 3D possui funções específicas de cálculo de corte e aterro, compensações e criação do Diagrama de Brückner. Nesta etapa é verificada a necessidade de empréstimos de terra ou “bota-fora” e de movimentações de terra em geral.

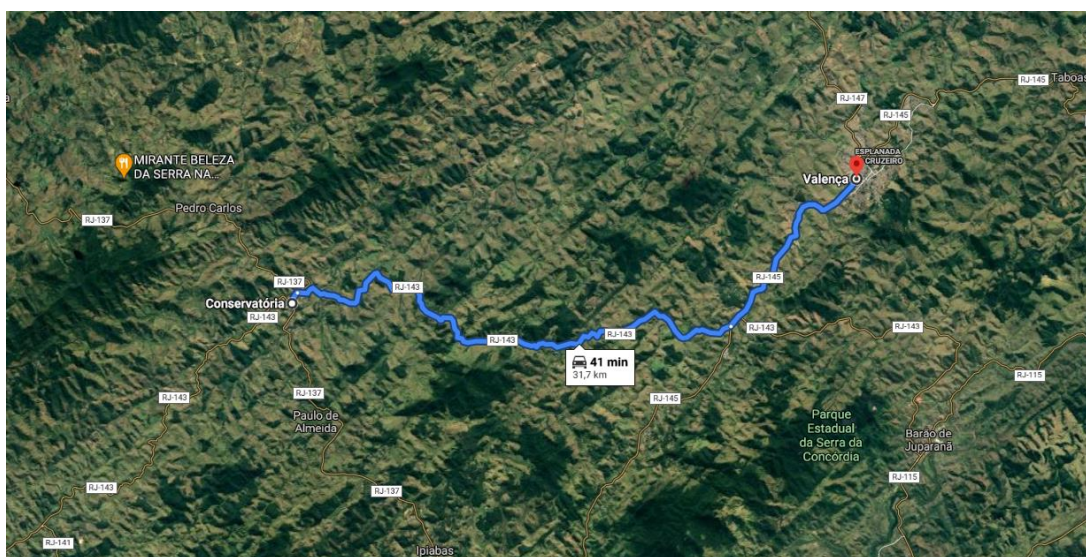
6 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso é realizado no município de Valença-RJ. Valença tem uma área de 1.300,767 km² (IBGE-2020), sendo o segundo maior município do estado. É dividida em seis distritos: Sede, Barão de Juparanã, Santa Isabel, Pentagna, Parapeúna e Conservatória. (Prefeitura Municipal de Valença).

Conservatória fica a aproximadamente 32 km do centro de Valença o que representa uma viagem de cerca de 40 minutos entre os distritos (Figura 32). O distrito tem uma população de 6.500 habitantes (Prefeitura Municipal de Valença) e por ser cortada pelas rodovias estaduais RJ-143 e RJ-137, é um ponto de parada para viajantes dessas rodovias.

A escolha por essa região tem a intenção de retirar veículos de passeio dessas rodovias estaduais dando ao motorista outra opção de acesso ao distrito sede, já que a região tem grande fluxo de caminhões que escoam a produção de café e outros produtos agrícolas da região.

Figura 32 - Distância entre Conservatória e Valença



Fonte: Google Maps

6.1 Pontos de Origem e Destino

6.1.1 Ponto de origem

O ponto de origem, ilustrado na Figura 33, foi definido na parte rural do distrito de Conservatória onde passa a rodovia estadual RJ-143. O projeto será a interligado com esta rodovia que já passa pela parte urbana do distrito.

Figura 33 - Ponto de origem do projeto



Fonte: Google Earth

6.1.2 Ponto de destino

O ponto de destino escolhido foi a rodovia estadual RJ-145 que passa pela cidade de Valença. Nessa área há espaço para a obra de interligação sem o interrompimento do trânsito local como está ilustrado na Figura 34.

Figura 34 - Ponto de destino do projeto



Fonte: Google Earth

6.2 Reconhecimento

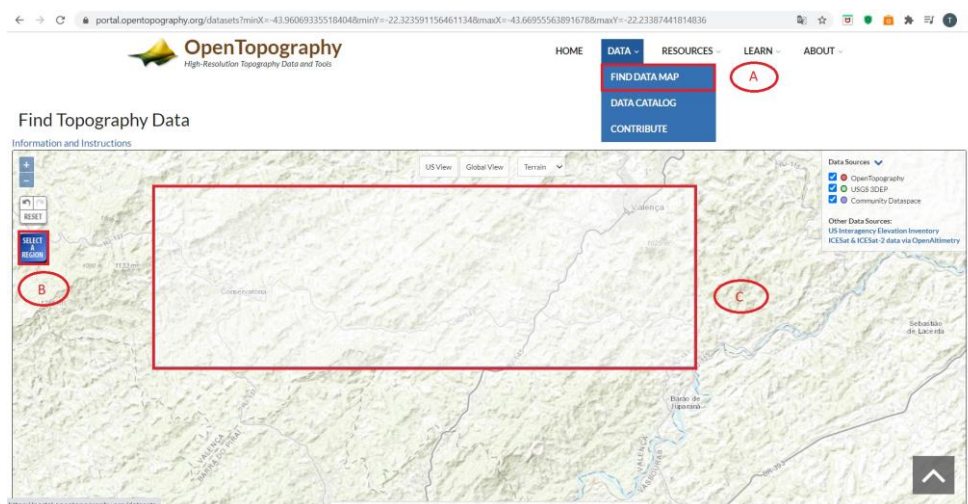
6.2.1 Topografia

Para obter a superfície da região foi utilizado uma imagem georreferenciada obtida pelo site *OpenTopography*.

A geração do modelo topográfico deve ser realizada por meio de imagens de satélite capturadas pela missão norte americana *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)*. Estas imagens constituem modelos digitais de elevação georreferenciados, apresentando a distribuição das altitudes do terreno na extensão da área capturada. Atualmente, as imagens são distribuídas gratuitamente no formato TIFF pelo site *OpenTopography*. A precisão das imagens é de 90 metros e seu sistema de coordenadas geográficas é o WGS84 (MIRANDA, 2018).

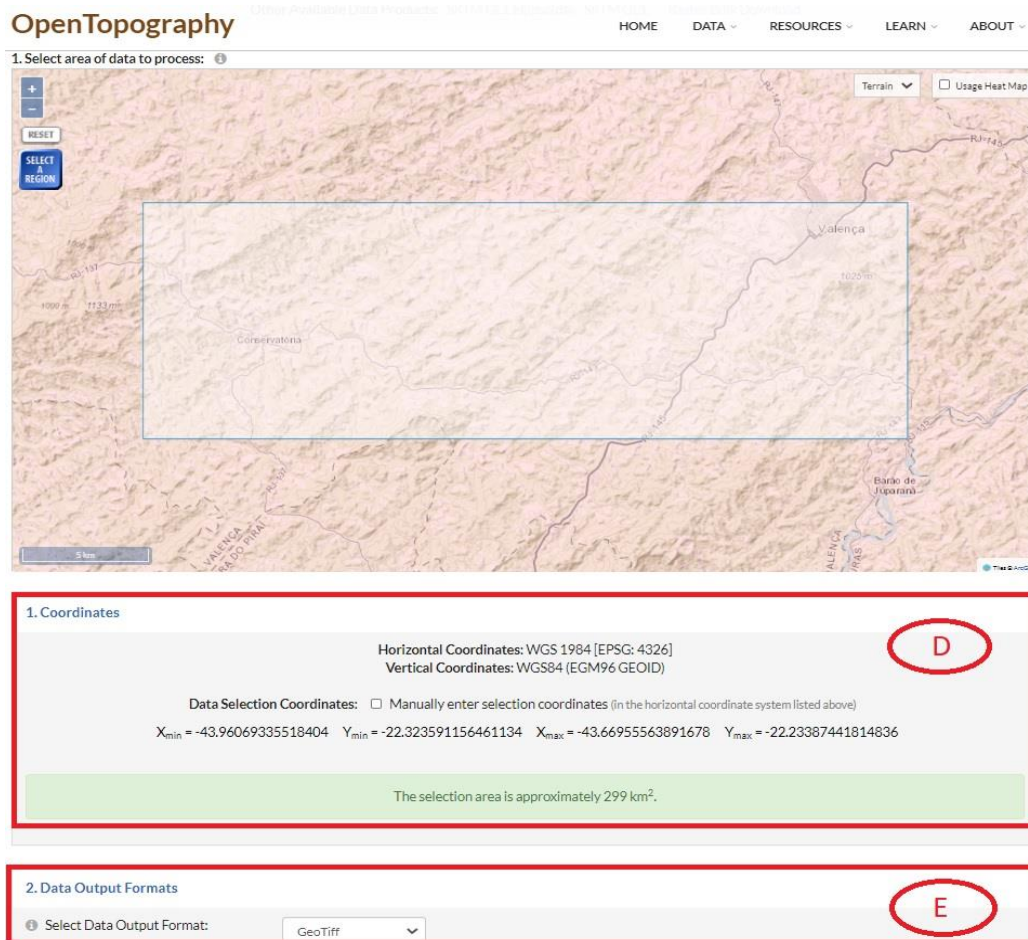
As Figuras 35 e 36 apresentam a interface do *OpenTopography*. Em *Find Data Map* (A), acessa-se o mapa global e em *Select a Region* (B), pode-se selecionar uma região igual a demonstrada em (C). Em (D), é informado o sistema de coordenadas da imagem, os intervalos das coordenadas geográficas e a área captada na imagem. Em (E), é mostrada a extensão da imagem. As imagens com formato TIFF podem ser importadas diretamente para o AutoCAD Civil 3D.

Figura 35 - Interface do *Opentopography*



Fonte: *Opentopography* (2021) – Adaptado pelo autor

Figura 36 - Opentopography

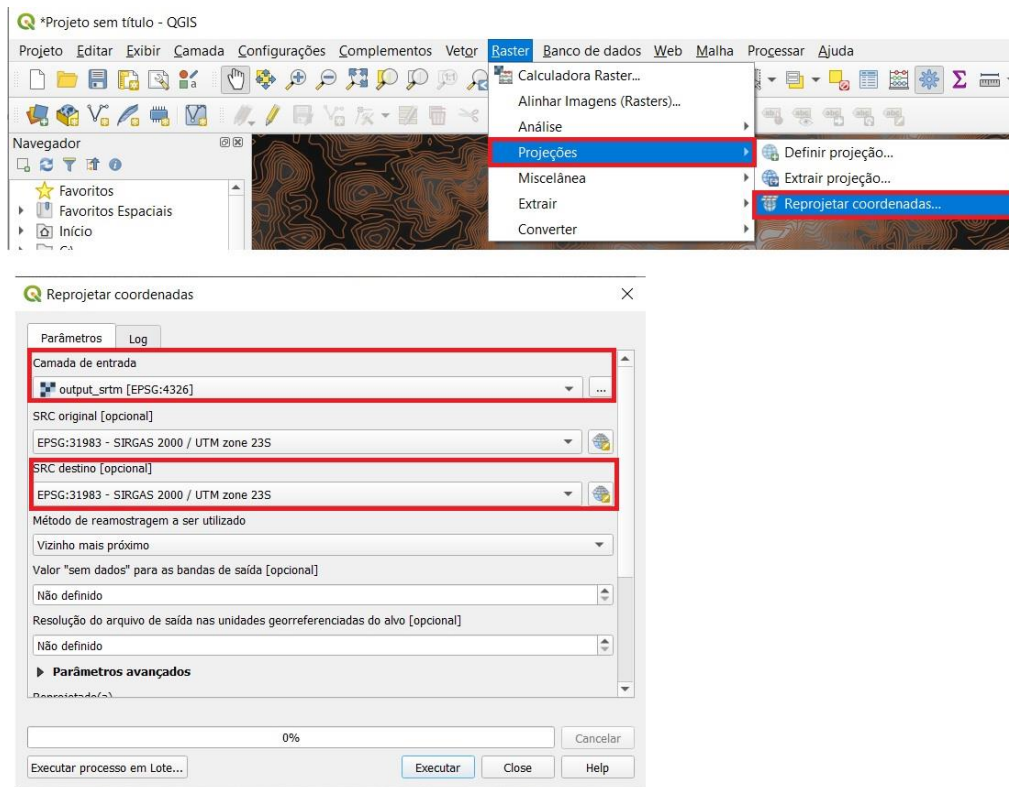


Fonte: *Opentopography* (2021) – Adaptado pelo autor

Essa imagem foi inserida no *software* QGIS¹ onde o sistema de coordenadas foi alterado para o utilizado no Brasil que é o sistema de coordenadas SIRGAS 2000. O Estado do Rio de Janeiro está localizado na região 23S, conforme mostra a Figura 37.

¹ QGIS é um aplicativo profissional, é livre e de código aberto.

Figura 37 - Software QGIS

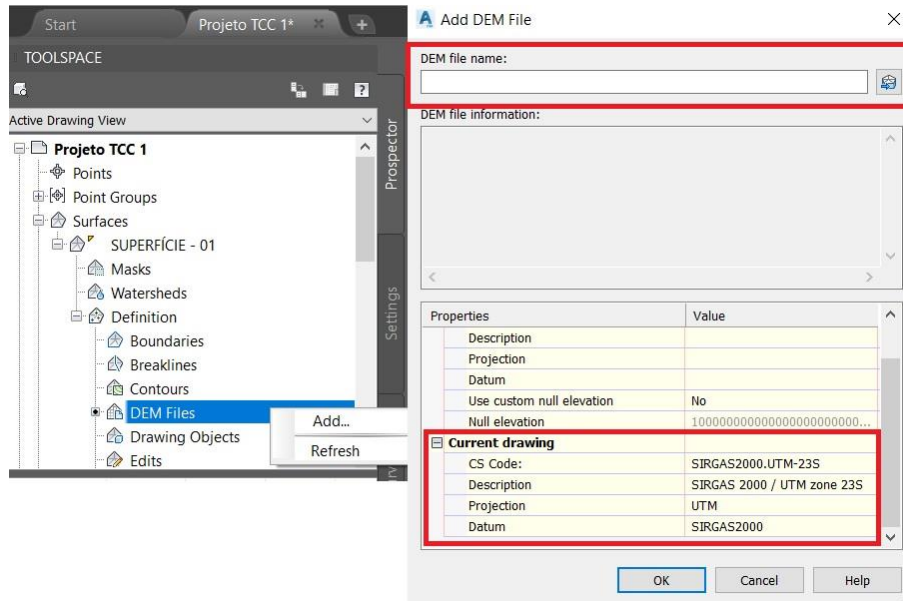


Fonte: O autor

6.2.2 Superfície

Para importar a imagem da localidade para o AutoCAD Civil 3D, foi utilizada a ferramenta *Surface* com adição do arquivo .TIFF. Na Figura 38, pode-se ver que o arquivo do Civil 3D foi configurado pelo Datum correto. Então é só importar o arquivo .TIFF e definir o estilo de superfície que se deseja representar.

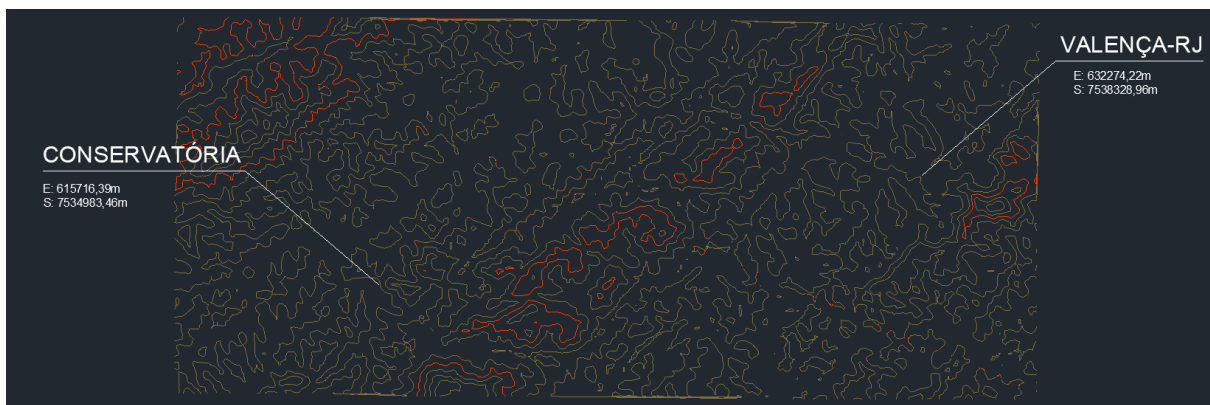
Figura 38 - Inserção da Topografia



Fonte: O autor

Na Figura 39, são mostradas as curvas de nível geradas pelo *software*. Foi adotado um espaçamento de curvas intermediárias de 20 metros e espaçamento de curvas mestras de 100 metros. Esse espaçamento foi adotado para melhor visualização da topografia.

Figura 39 - Curvas de Nível



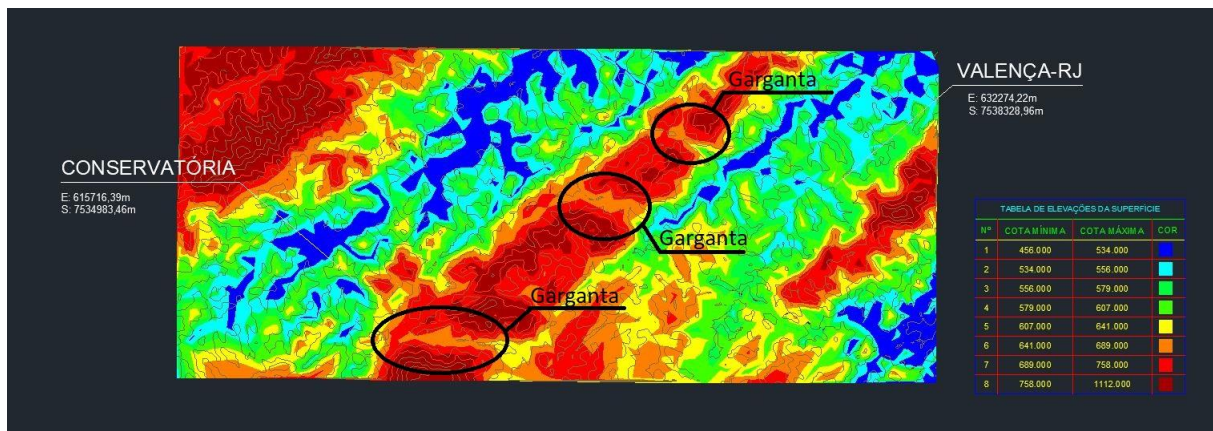
Fonte: O autor

6.3 Exploração

Como o município de Valença está localizado na região da Serra da Concórdia, seu relevo é bem irregular. Entre o distrito de Conservatória e o distrito Sede (Valença) há uma cadeia de montanhas que dificulta a ligação entre essas cidades. Observa-se na Figura 40 que

nessa cadeia de montanhas há três gargantas que permitem a travessia das montanhas sem grandes cortes ou rampas muito elevadas.

Figura 40 - Elevações do terreno



Fonte: O autor

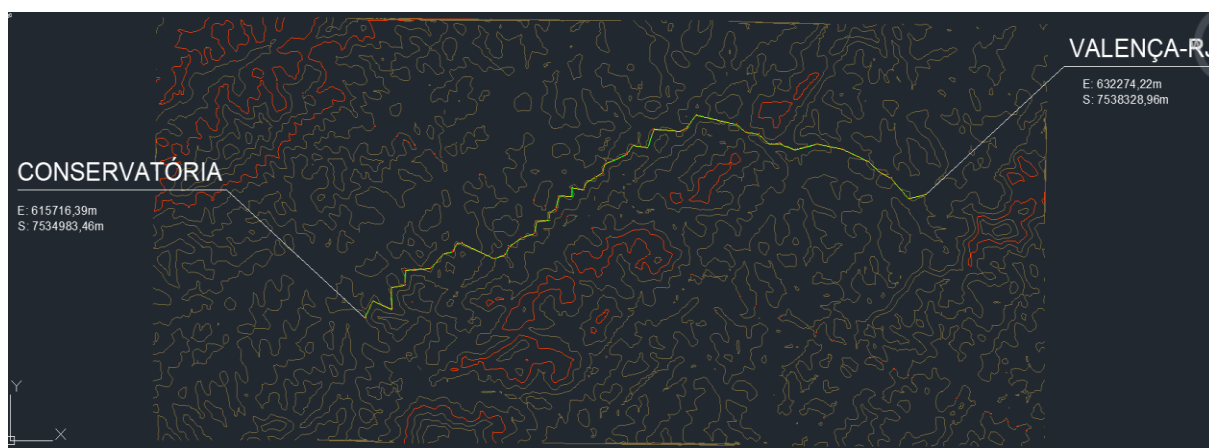
Foi escolhida a garganta superior a ser atravessada para se obter uma melhor interligação da nova estrada com a rodovia existente, passando a ser um ponto obrigado da poligonal de exploração. Além disso, para evitar grandes movimentações de terra, em terrenos acidentados, deve-se procurar manter o traçado o mais próximo possível do alinhamento das curvas de nível. As Figuras 41 e 42 mostram o desenho final da poligonal de exploração.

Figura 41 - Traçado / Curvas de nível



Fonte: O autor

Figura 42 - Poligonal de Exploração



Fonte: O autor

6.4 Classe de Projeto

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE (2010), o distrito de Conservatória possui uma população de 6.500 habitantes e a cidade possui uma população total de 71.843. Pode-se estimar que a estrada se insira na **Classe I-B** por possuir limite inferior de 1400 veículos e limite superior de 5500 veículos. A Tabela 1 apresenta as classes de projetos de acordo com os limites de volume médio diário e pelo tipo de relevo.

Tabela 1 - Classes de projeto de acordo com os limites de volume médio diário

Classe de Projeto	Relevo	Limite Inferior	Limite Superior
Classe 0	Plano	5500	-
	Ondulado	2600	-
	Montanhoso	2600	-
Classe I-A	Plano	5500	-
	Ondulado	2600	-
	Montanhoso	2600	-
Classe I-B	Plano	-	5500
	Ondulado	1400	2600
	Montanhoso	-	2600
Classe II	-	700	1400
Classe III	-	300	700
Classe IV-A	-	50	200
Classe IV-B	-	-	50

Fonte: RIAN MIRANDA, (2018)

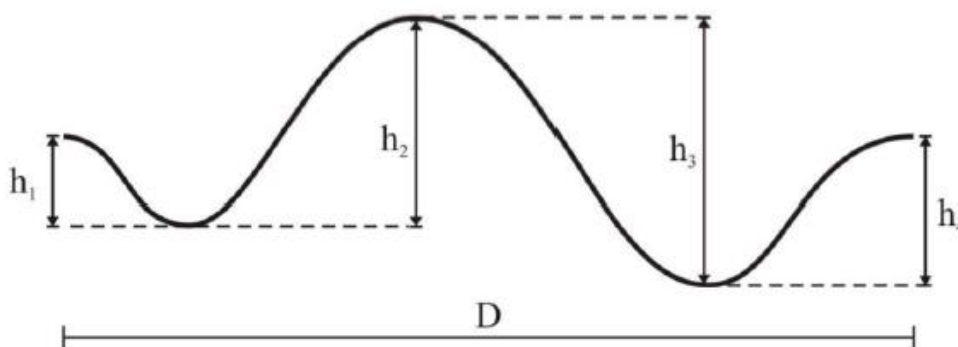
6.5 Elementos Gerais de Projeto

Nesta seção são apresentados alguns elementos que vão orientar alguns elementos geométricos da rodovia.

6.5.1 Relevo

Os tipos de relevo são classificados com base nas diferenças de nível existentes ao longo da poligonal de exploração (MANZATO, 2017). Neste procedimento, as diferenças de nível apresentadas pelo terreno são medidas individualmente entre os picos e vales como apresentados na Figura 43. Esses valores de diferença são inseridos na equação (1) e o resultado é comparado com a Tabela 2.

Figura 43 - Medição da diferença entre alturas do relevo



Fonte: (MANZATO, 2017)

$$I_m = \frac{h_1+h_2+h_3+\dots+h_n}{D} \quad (1)$$

onde D é a distância em quilômetros.

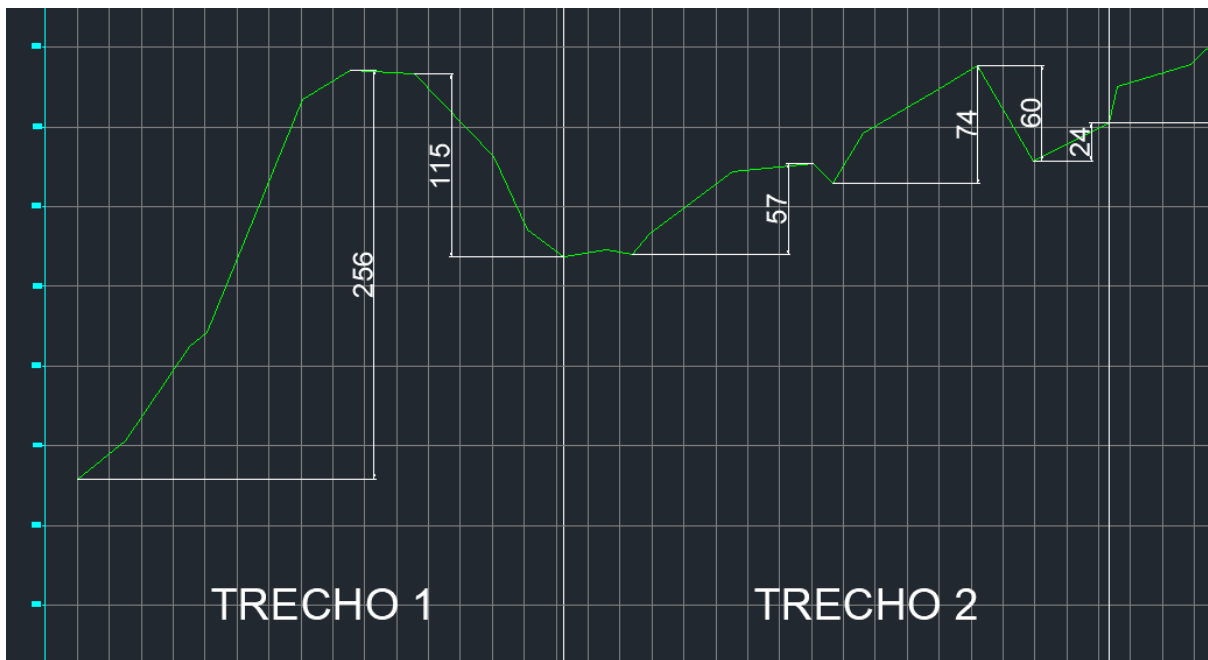
Tabela 2 – Classificação do relevo

Diferenças de Nível (m/km)	Relevo
< 10	Plano
10 a 35	Ondulado
> 35	Montanhoso

Fonte: Manzato (2017) apud Miranda (2018)

No estudo de caso, o projeto foi dividido em trechos de tangentes da poligonal de exploração, conforme mostra a Figura 44.

Figura 44 - Divisão do trecho para classificação quanto ao relevo



Fonte: O autor

Substituindo as diferenças entre alturas de relevo definidas na Figura 44 na Equação 1, classifica-se o terreno como montanhoso.

$$I_m = \frac{256 + 115}{0,305} = 1216 \text{ m/km} > 35 \text{ m/km} \rightarrow \text{Montanhoso}$$

Na Tabela 3, apresenta-se a classificação do relevo do projeto. Essa classificação foi realizada com as ferramentas de cotas e distâncias do *software* AutoCAD Civil 3D e posteriormente tabeladas utilizando o Microsoft Excel. Como já se esperava, o terreno é inteiramente montanhoso já que os valores de I são bem superiores a trinta e cinco.

Tabela 3 - Classificação do relevo por trecho

Trecho	I	Classificação	Trecho	I	Classificação
1	1216	Montanhoso	29	1415	Montanhoso
2	630	Montanhoso	30	1369	Montanhoso
3	710	Montanhoso	31	1696	Montanhoso
4	647	Montanhoso	32	1502	Montanhoso
5	1190	Montanhoso	33	820	Montanhoso
6	1430	Montanhoso	34	985	Montanhoso
7	929	Montanhoso	35	797	Montanhoso
8	792	Montanhoso	36	621	Montanhoso
9	536	Montanhoso	37	716	Montanhoso
10	1090	Montanhoso	38	1253	Montanhoso
11	1069	Montanhoso	39	934	Montanhoso
12	1051	Montanhoso	40	285	Montanhoso
13	722	Montanhoso	41	957	Montanhoso
14	454	Montanhoso	42	985	Montanhoso
15	447	Montanhoso	43	799	Montanhoso
16	1325	Montanhoso	44	1249	Montanhoso
17	852	Montanhoso	45	319	Montanhoso
18	1305	Montanhoso	46	1091	Montanhoso
19	847	Montanhoso	47	936	Montanhoso
20	864	Montanhoso	48	580	Montanhoso
21	783	Montanhoso	49	762	Montanhoso
22	662	Montanhoso	50	731	Montanhoso
23	1267	Montanhoso	51	465	Montanhoso
24	873	Montanhoso	52	254	Montanhoso
25	880	Montanhoso	53	745	Montanhoso
26	1448	Montanhoso	54	545	Montanhoso
27	1067	Montanhoso	55	944	Montanhoso
28	1243	Montanhoso			

Fonte: O autor

6.5.2 Velocidade Diretriz

Depois de definidos o tipo de relevo da região e classe da rodovia, deve-se determinar a velocidade diretriz do projeto. Para isso, usa-se a tabela 4 que foi retirada do Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais – 1999 do DNIT. De acordo com essa tabela, a velocidade diretriz adotada deve ser de 60 km/h para estar de acordo com a Tabela 3, onde o relevo é classificado como montanhoso.

Tabela 4 - Velocidades diretriz para novo traçado

Classe de projeto	Velocidades diretrizes para projeto (km/h)		
	Relevo		
	Plano	Ondulado	Montanhoso
Classe 0	120	100	80
Classe I	100	80	60
Classe II	100	70	50
Classe III	80	60	40
Classe IV	80 - 60	60 - 40	40 - 30

Fonte: DNER (1999)

6.5.3 Veículo de Projeto

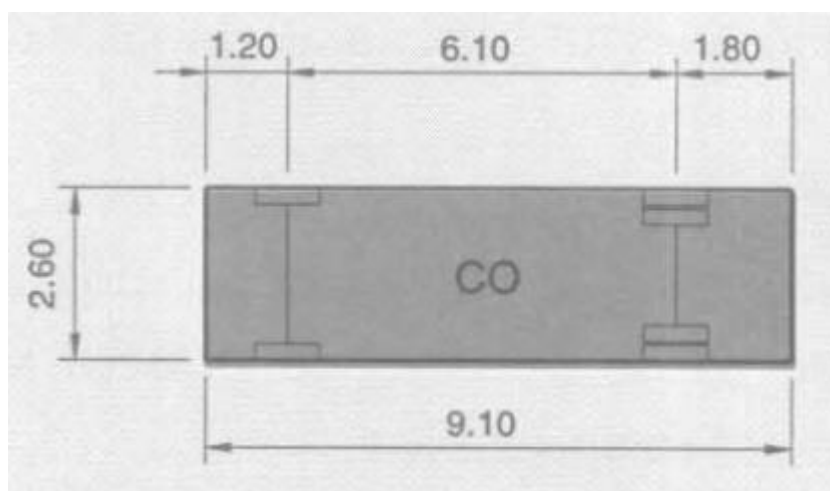
Como a estrada se destina a ligar duas áreas rurais do Estado do Rio de Janeiro, os veículos que passarão nesta estrada serão os veículos mais comuns como: carros, caminhonetes, ônibus e caminhões. Portanto, o DNER (1999) estabelece algumas medidas padrão para esse tipo de veículo, indicadas na Tabela 5 e ilustradas na Figura 45.

Tabela 5 - Características do veículo de projeto (m)

Designação do veículo Características	Caminhões e Ônibus convencionais (CO)
Largura total	2,6
Comprimento total	9,1
Raio min. da roda externa dianteira	12,8
Raio min. da roda interna traseira	8,7

Fonte: DNER (1999)

Figura 45 - Dimensões do veículo de projeto adotado



Fonte: DNER (1999)

6.5.4 Elementos de Seção Transversal

Para definir os elementos da seção transversal, devem-se utilizar os padrões técnicos estabelecidos no Manual de Projeto Geométrico (DNER,1999) que contém orientações para escolha da largura de faixa, quantidade de faixas, largura de acostamento e etc.

6.5.4.1 Largura de Faixa

A largura da faixa de rolamento, de um modo geral, é obtida adicionando à largura do veículo de projeto adotado, a largura de uma faixa de segurança que é função da velocidade diretriz e do nível de conforto de viagem que se deseja proporcionar, função por sua vez, da categoria da via. (DNER,1999).

A Tabela 6 indica valores característicos sugeridos pelo DNER. Para o estudo de caso, foi adotado o valor de 3,5 metros para a faixa de rolamento e duas faixas por sentido, sem separação física entre as pistas. Isso evita que o usuário da via tenha que utilizar a pista no sentido contrário para realizar a ultrapassagem. A declividade transversal da pista para a drenagem foi adotada como 2% em tangentes.

Tabela 6 - Largura das faixas de rolamento em tangentes

Classe do projeto	Relevo		
	Plano	Ondulado	Montanhoso
Classe 0	3,60	3,60	3,60
Classe I	3,60	3,60	3,50
Classe II	3,60	3,50	3,30*
Classe III	3,50	3,30*	3,30
Classe IV-A**	3,00	3,00	3,00
Classe IV-B**	2,50	2,50	2,50

Fonte: DNER (1999)

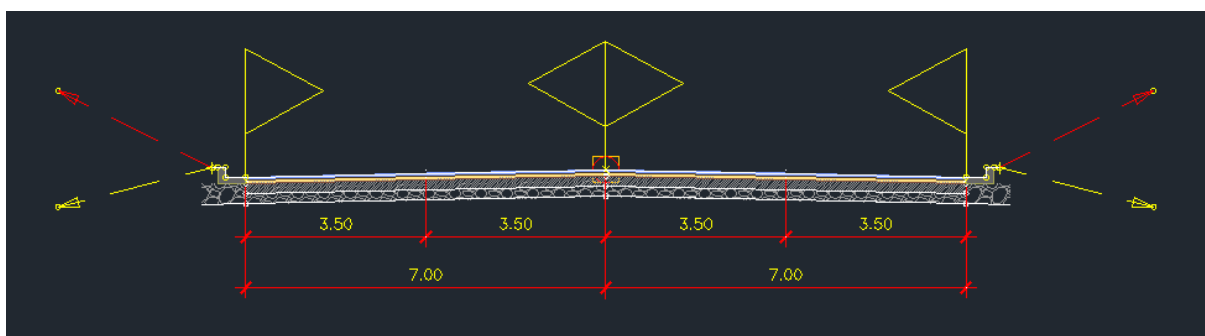
6.5.4.2 Taludes

Os taludes adotados são: 2:1 para corte e 4:1 para aterros.

6.5.4.3 Estrutura da Via

Foi escolhido como estrutura da via uma camada de pavimento flexível de doze centímetros divididas em duas sub-camadas de seis centímetros cada. Para a base e a sub-base foi definida uma espessura de vinte centímetros cada. A Figura 46 ilustra o exposto.

Figura 46 - Seção transversal



Fonte: O autor

6.6 Projeto Horizontal

O projeto horizontal consiste no dimensionamento dos parâmetros do traçado horizontal da rodovia. Os parâmetros são:

- Tangente mínima entre curvas
- Distância de visibilidade de ultrapassagem
- Raio mínimo de curva horizontal
- Superelevação
- Comprimento de Transição em espiral
- Superlargura

Para efeitos de demonstração, os cálculos aqui demonstrados são referentes as tangentes dos trechos 1 e 2.

6.6.1 Tangente mínima entre curvas

É indesejável, sob aspectos operacionais e de aparência, a existência de duas curvas sucessivas no mesmo sentido quando entre elas existir um curto trecho em tangente. A extensão T da tangente intermediária deve ser superior ao percurso de aproximadamente quinze segundos percorridos pela velocidade diretriz (DNER,1999). A Equação 2 calcula a extensão da tangente

$$T_{\min} = 4 \cdot V \quad (2)$$

onde:

T_{\min} = Tangente mínima entre curvas, em m;

V = Velocidade diretriz, em km/h

$$T_{\min} = 4 \times 60 = 240 \text{ m}$$

Portanto, a distância mínima entre curvas consecutivas deve ser de pelo menos 240 metros.

6.6.2 Distância de visibilidade de ultrapassagem

A distância de visibilidade de ultrapassagem é a distância necessária para um veículo realizar a ultrapassagem de outro veículo com segurança. Trechos com mais de dois quilômetros sem visibilidade para ultrapassagem reduzem a segurança e a capacidade de tráfego (SALVI, 2018). A Equação 3 indica a distância de visibilidade de ultrapassagem (D_U) que é função da velocidade diretriz (V) e da aceleração média durante a ultrapassagem (a).

$$D_U = V \times \left(1,25 + 0,5 \times \sqrt{\frac{V}{a}} \right) \quad (3)$$

A Tabela 7 mostra os valores de aceleração média de ultrapassagem de acordo com a velocidade diretriz do projeto.

Tabela 7 - Valores aceleração média de ultrapassagem

V (km/h)	a (km/h.s)
100	0,6
80	0,8
60	1,0

Fonte: RIAN MIRANDA, 2018

Portanto, para as tangentes do trecho 1, a distância de visibilidade de ultrapassagem, tem-se:

$$D_U = 60 \times \left(1,25 + 0,5 \times \sqrt{\frac{60}{1}} \right) = 308 \text{ m}$$

6.6.3 Raio mínimo de curva horizontal

Os raios mínimos são os menores valores possíveis para que as curvas possam ser percorridas com velocidade e superelevação máximas, mantendo condições satisfatórias de conforto e segurança (DNER, 1999). O valor do raio mínimo é calculado de acordo com a Equação 4.

$$R_{\text{mín}} = \frac{v^2}{127(e_{\text{máx}} + f_{t,\text{máx}})} \quad (4)$$

onde:

V = velocidade diretriz, em km/h;

$e_{\text{máx}}$ = superelevação máxima, em m/m;

$f_{t,\text{máx}}$ = fator de atrito transversal máximo.

O Manual de Projetos Geométrico (DNER, 1999) apresenta os valores de superelevação máxima e fator de atrito transversal máximo de acordo com a velocidade diretriz do trecho. A Tabela 8 mostra os valores de coeficiente de atrito transversal de acordo com a velocidade diretriz.

Tabela 8 - Coeficiente de atrito transversal de acordo com a velocidade diretriz

Velocidade diretriz (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Coeficiente de atrito transversal $f_{\text{máx}}$	0,20	0,18	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,11

Fonte: DNER (1999)

Tabela 9 - Superelevações máximas por relevo e classe de projeto

Região	Classe 0	Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV
Plana	10	10	8	8	8
Ondulada	10	10	8	8	8
Montanhosa	10	10 (IA), 8 (IB)	8	8	8

Fonte: DNER (1999)

Com os valores das Tabelas 8 e 9, obtém-se o valor de raio mínimo para o trecho 1 e 2 de Classe I-B e região montanhosa.

$$R_{\text{mín}} = \frac{60^2}{127(0,08 + 0,15)} = 123 \text{ m} \cong 125 \text{ m}$$

Para garantir a segurança do usuário, adotou-se um raio maior do que o mínimo seguindo a Equação 5.

$$2 \cdot R_{\min} < R_{adot} < R_{\max} \quad (5)$$

O raio máximo, segundo o DNER (1999), pode ser obtido pela Tabela 10 que relaciona o raio máximo com a velocidade diretriz.

Tabela 10 - Raio máximo de acordo com a velocidade diretriz

V(km/h)	30	40	50	60	70	80	90	>=100
R(m)	450	800	1250	1800	2450	3200	4050	5000

Fonte: DNER (1999)

Logo: $2 \times 125 < R_{adot} < 1800 \rightarrow 250 < R_{adot} < 1800$

Adotando o raio de 250 m para a curva 1 são atendidas todas as recomendações de raio mínimo previstas no Manual de Projeto Geométrico – DNER, 1999.

6.6.4 Superelevação

As rodovias apresentam nas curvas, seções inclinadas em relação ao plano horizontal com o propósito de contrabalançar o efeito da aceleração centrífuga. Dá-se o nome de superelevação, em um ponto da curva, ao valor da tangente do ângulo formado pela reta de maior declive da seção com o plano horizontal (DNER, 1999).

Nos trechos em tangentes, a superelevação contribui para a drenagem da rodovia, portanto, segundo o (DNER, 1999), nesses casos a superelevação deve ser de 2%. Essa declividade é adotada como superelevação mínima nos trechos em tangente.

O valor máximo admissível para a superelevação é condicionado por fatores como: velocidade diretriz, classe de projeto, comprimento de transição da superelevação com viabilidade prática, razões econômicas e etc.

O DNER (1999) adota o método simplificado para o cálculo da superelevação:

$$e = e_{\max} \left(\frac{2 \cdot R_{\min}}{R_{adot}} - \frac{R_{\min}^2}{R_{adot}^2} \right) \quad (6)$$

$e_{\text{máx}} = 8\%$ - em projetos de rodovias de padrão intermediário ou de rodovias de elevado padrão sujeitas a fatores (geralmente topográficos) que reduzem a velocidade média. Adotar para Classe I em região montanhosa e rodovias das demais classes de projeto em geral.

Portanto, para a curva circular do trecho 1, tem-se como superelevação o valor de:

$$e = 8\% \left(\frac{2 \times 125}{250} - \frac{125^2}{250^2} \right) = 6\%$$

6.6.5 Comprimento de transição em espiral

A transição vai de uma tangente até uma curva circular de raio R. Sem essa transição é provocada uma mudança brusca da força centrífuga que age sobre o veículo e tende a tirá-lo da trajetória curva (SALVI, 2018).

Raios de curva podem dispensar a transição se a velocidade de operação for reduzida. Segundo o DNER (1999), os raios que dispensam transição estão na Tabela 11:

Tabela 11 - Raios de curvas que dispensam transição de acordo com a velocidade diretriz

V (km/h)	R (m)
30	170
40	300
50	500
60	700
70	950
80	1200
90	1550
100	1900
110	2300
120	2800

Fonte: DNER (1941) apud SALVI (2018)

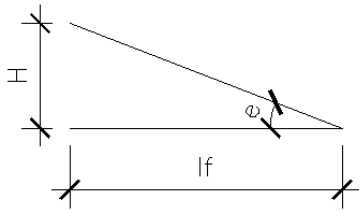
Para o presente estudo de caso é adotado o comprimento de transição em espiral L_s de acordo com as premissas a seguir:

1. Selecionar o maior $L_{s,\text{mín}}$ entre os quatro critérios;

- Critério de Barnett

$$L_{s,\text{mín}} = \frac{0,036 \times V^3 [\text{km/h}]}{R_c [\text{m}]} \quad (8)$$

- Critério da Superelevação



$$H = \frac{e[\%] \times l_f[m]}{100}$$

$$L_{s,mín} = 400.H \quad (9)$$

- Critério do tempo de transição

$$L_{s,mín} = 0,556.V[km/h] \quad (10)$$

- Critério Estético

$$V > 80 \text{ km/h} \rightarrow L_{s,mín} = \frac{e[\%] \times l_f[m]}{0,71 - 0,0026 \times V[km/h]} \quad (11)$$

$$V \leq 80 \text{ km/h} \rightarrow L_{s,mín} = \frac{e[\%] \times l_f[m]}{0,9 - 0,005 \times V[km/h]} \quad (12)$$

2. Adotar $L_s = 2.L_{s,mín}$, ou $L_s = 3.L_{s,mín}$ ou $L_s = \frac{(L_{s,mín} + L_{s,máx})}{2}$;

- Cálculo do $L_{s,máx}$

$$L_{s,máx} = 0,07 \times \frac{v^3}{Radot} \quad (13)$$

3. Escolher valor próximo múltiplo de 20 metros.

Portanto, para o trecho 1-2 tem-se:

- Critério de Barnett

$$L_{s,mín} = \frac{0,036 \times 60^3}{250} \rightarrow L_{s,mín} = 31,1m$$

- Critério da Superelevação

$$H = \frac{6 \times 3,50}{100} = 0,21 \rightarrow L_{s,mín} = 400 \times 0,21 = 84 m$$

- Critério do tempo de transição

$$L_{s,mín} = 0,556 \times 60 = 33,4m$$

- Critério Estético

$$L_{s,mín} = \frac{6 \times 3,5}{0,9 - 0,005 \times 60} = 35m$$

- Critério $L_{s,máx}$

$$L_{s,máx} = 0,07 \times \frac{60^3}{250} = 60,5m$$

É adotado o valor de 35 metros do Critério Estético para o $L_{s,mín}$.

$$L_s = \frac{(35 + 60,5)}{2} = 47,8m \rightarrow \text{adotado } L_s = 60 m$$

6.6.6 Superlargura

A superlargura melhora a segurança nas curvas aumentando a largura da plataforma e, conseqüentemente, a acomodação do veículo no trecho curvo, diminuindo a distorção visual de uma pista afunilada, o que provoca a tendência do motorista de invadir a pista adjacente.

Tabela 12 - Superlargura para pista de duas faixas de 3,60m e veículo CO

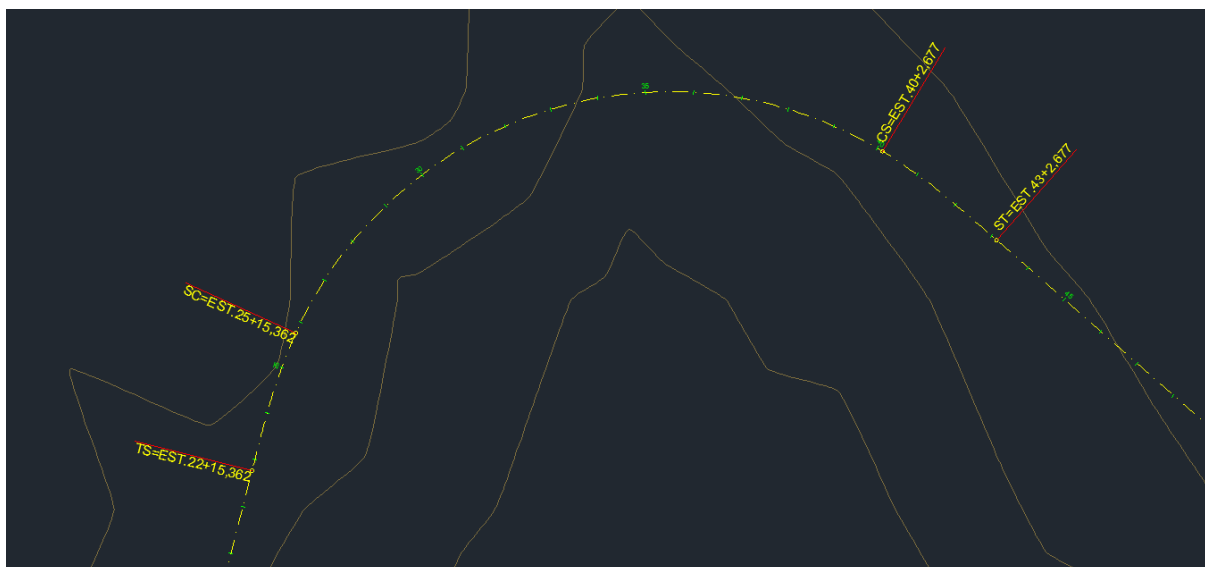
V \ R	200	250	300	350	400	450	500	550	600
60	0,40 m	*							
80	0,60 m	0,40 m	0,40 m	*					
100				0,40 m	0,40 m	*			

*Superlargura Dispensável

Fonte: MIRANDA, (2018)

Como na curva 1 a velocidade diretriz é de 60 km/h e possui um raio de 250 m, fica dispensada a utilização de superlargura neste trecho. A Figura 47 mostra a curva entre os trechos 1 e 2 seguindo os parâmetros do DNER.

Figura 47 - Curva horizontal no trecho 1



Fonte: O autor

Os cálculos dos demais trechos do projeto horizontal estão indicadas no apêndice 9.1.

6.7 Projeto Vertical

O perfil vertical da estrada no eixo da planta é formado por greides retos, ascendentes e descendentes concordados por trechos curvos. O greide vertical ideal proporciona ao motorista uma operação segura e confortável sem mudanças bruscas na atitude do veículo. O desafio do projetista é equilibrar a situação ideal com os custos do projeto, principalmente de terraplenagem. A geologia do local também influencia no perfil porque, dependendo do terreno, são necessárias obras especiais de escavação.

O projeto geométrico vertical apresenta o dimensionamento dos elementos do projeto vertical. Os principais elementos desse projeto são:

- Rampas máximas;
- Distância de visibilidade de parada;
- Comprimento da curva vertical.

6.7.1 Rampas máximas

As características de cada classe de via devem proporcionar um padrão global, físico e operacional uniforme à via. Entre essas, os valores das rampas desempenham um papel primordial. A principal limitação ao emprego de rampas suaves é constituída pelo fator econômico, traduzido pelo aumento do custo de construção em regiões topograficamente desfavoráveis (DNER,1999).

Os valores das rampas devem também ser coerentes com as demais características técnicas operacionais da rodovia. Rodovia de classe de projeto mais alta tem restringida a utilização plena de suas características técnicas se os valores das rampas forem incompatíveis (DNER,1999).

Tabela 13 - Rampas máximas

Classe do projeto	Relevo		
	Plano	Ondulado	Montanhoso
Classe 0	3%	4%	5%
Classe I	3%	4,5%	6%
Classe II	3%	5%	7%
Classe III	4%	6%	8%
Classe IV-A	4%	6%	8%
Classe IV-B	6%	8%	10% *

Fonte: DNER (1999)

Como todos os trechos do projeto estão em terreno montanhoso, a rampa máxima do projeto será de 6%.

6.7.2 Distância de visibilidade de parada

A distância de visibilidade de parada é a distância mínima necessária para que um veículo possa efetuar a parada antes de atingir um obstáculo em seu caminho. Deste modo, trata-se de um elemento importante para a determinação do comprimento mínimo da curva vertical (MIRANDA, 2018).

O DNER define como Distância de Visibilidade de Parada como:

$$D_p = 0,7 \times V + \frac{V^2}{225 \times (f+i)} \quad (13)$$

Onde:

V = velocidade diretriz, em km/h

f = fator de atrito longitudinal

i = greide em aclave ou declive (positivo para aclave e negativo para declive), em m/m

Para o cálculo de distância de visibilidade de parada, é considerado o pior caso estabelecido pelo DNER que é o caso de pista molhada. Para esse caso, estima-se que o motorista reduza a velocidade para um valor menor que a velocidade diretriz. A Tabela 14 mostra os valores de coeficiente de atrito para cada velocidade diretriz.

Tabela 14 - Valores de coeficiente de atrito para cada velocidade diretriz

Parâmetros	Valores de f para Vmed (velocidade média)									
Vdir (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Vmed (km/h)	30	38	46	54	62	71	79	86	92	98
f	0,40	0,38	0,36	0,34	0,32	0,31	0,30	0,30	0,30	0,30

Fonte: DNER (1999)

Por questão de segurança, os greides em declive necessitam de distâncias de visibilidade maiores que os de aclave. Portanto, para uma rodovia com pistas nos dois sentidos, a rampa em declive deve ser priorizada no cálculo de distância de visibilidade de parada.

Para o estudo de caso, utiliza-se o greide reto previamente desenhado. Por isso, as declividades iniciais são $i_1 = 2,93\%$ e $i_2 = -2,01\%$.

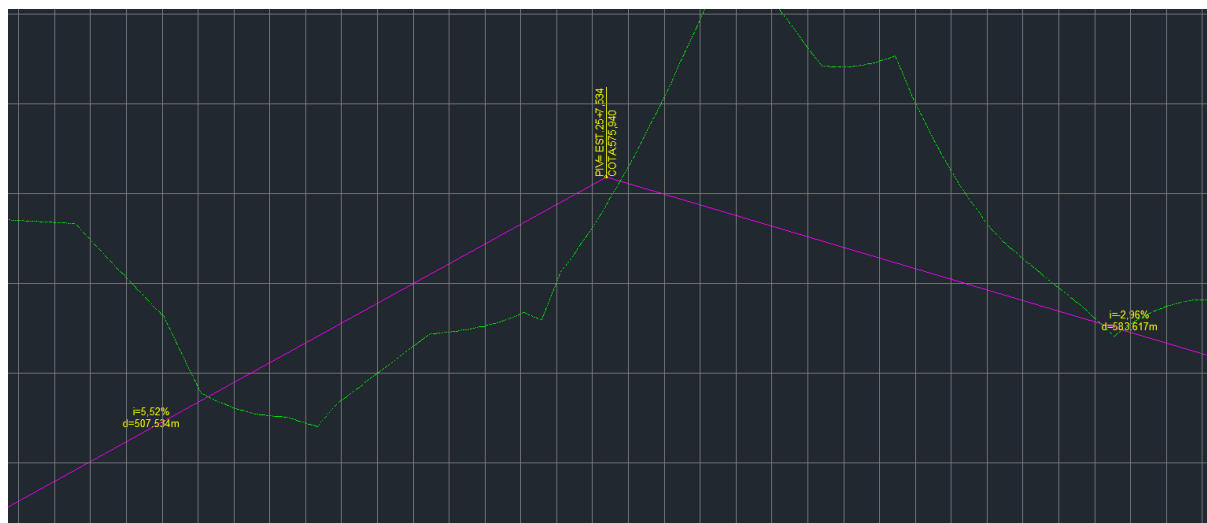
$$D_{p1} = 0,7 \times 60 + \frac{60^2}{225 \times (0,34 + 0,0293)} \cong 86m$$

$$D_{p2} = 0,7 \times 60 + \frac{60^2}{225 \times (0,34 - 0,0201)} \cong 92m$$

Para a curva vertical 1, a distância de visibilidade de parada deve ser maior que 86 m.

A Figura 48 mostra a poligonal inicial do perfil vertical com a indicação do PIV, a declividade da rampa e o comprimento da rampa.

Figura 48 - Greide reto preliminar



Fonte: O autor

6.7.3 Comprimento de curva vertical

A concordância vertical das tangentes que definem o greide reto é realizada com curvas parabólicas de 2º grau. O critério de cálculo para o comprimento mínimo da curva vertical deve satisfazer os requisitos de visibilidade estabelecidos para as curvas côncavas e convexas (PONTES,1998).

O comprimento da curva vertical é determinado pela distância de visibilidade nas curvas. São analisadas duas hipóteses para cada tipo de curva vertical.

Para as curvas convexas, o comprimento é determinado de forma que o motorista consiga realizar uma frenagem com segurança após avistar um obstáculo.

- Hipótese 1: o veículo e o obstáculo estão dentro da curva. Neste caso o comprimento da curva vertical é:

$$L_{mín} = \frac{D_p^2}{412} \times g \quad (14)$$

onde:

$L_{mín}$ = comprimento da curva vertical, em m;

g = variação de declividade do greide reto, $g = i_1 - i_2$

- Hipótese 2: quando o veículo e o obstáculo estão fora da curva. Nesse caso o comprimento da curva vertical é:

$$L_{mín} = 2 \cdot D_p - \frac{412}{g} \quad (15)$$

No caso de curvas côncavas, é considerado o critério da visibilidade noturna, admitindo a iluminação artificial por meio dos faróis do veículo. Neste caso, são tratadas as seguintes hipóteses (PONTES,1998):

- Hipótese 1: o veículo e o obstáculo estão dentro da curva. O veículo e o ponto mais distante iluminado pelo farol estão dentro da curva.

$$L_{mín} = \frac{D_p^2}{122 + 3,5 \cdot D_p} \times |g| \quad (16)$$

- Hipótese 2: o veículo e o ponto mais distante iluminado pelo farol estão fora da curva.

$$L_{mín} = 2 \cdot D_p - \frac{122+3,5 \cdot D_p}{|g|} \quad (17)$$

O DNER estabelece ainda um comprimento mínimo de curvas verticais que deve permitir ao motorista perceber a alteração de declividade longitudinal sendo percorrida. Adotando para essa percepção um período de tempo mínimo de dois segundos.

$$L_{mín} = 0,6 \cdot V \quad (18)$$

Deste modo, o comprimento mínimo da curva vertical é o maior valor entre o mínimo absoluto estabelecido DNER e as duas hipóteses referentes ao tipo de curva a ser projetada. O comprimento da curva a ser adotado será o múltiplo de vinte metros maior que o $L_{mín}$. (MIRANDA, 2018)

- A curva 1 é convexa:

Hipótese 1:

$$L_{mín} = \frac{92^2}{412} \times |2,93 + 2,01| \cong 101m$$

Hipótese 2:

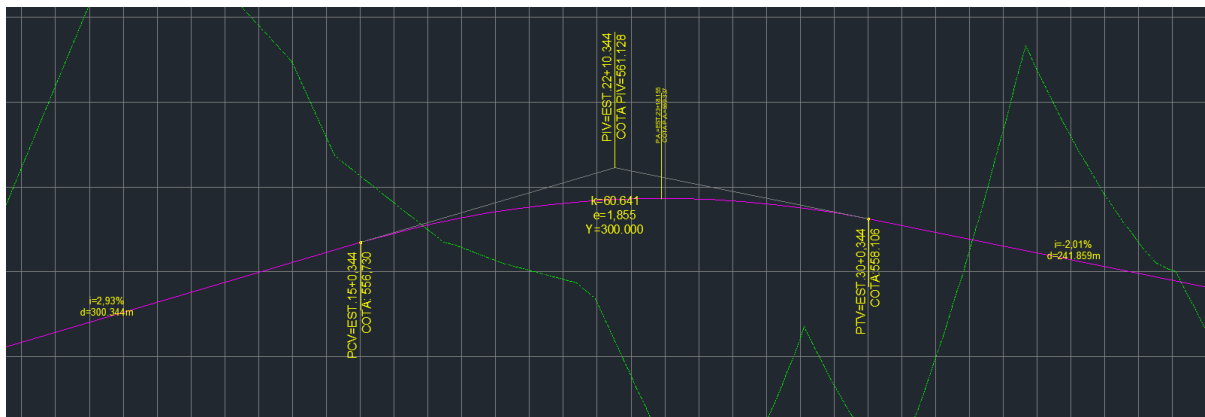
$$L_{mín} = 2 \times 92 - \frac{412}{2,93 + 2,01} \cong 101m$$

- Comprimento mínimo absoluto

$$L_{mín} = 0,6 \times 60 = 36m$$

Portanto o comprimento da curva 1 adotado é de trezentos metros para uma melhor conformação do traçado e conforto ao usuário da rodovia.

Figura 49 - Curva vertical do trecho 1



Fonte: O autor

A Figura 49 mostra a curva vertical no primeiro trecho. São apresentados os parâmetros da curva como o k , e e Y , além dos pontos notáveis da curva vertical. Onde k é o parâmetro de curvatura, Y é o comprimento da curva vertical e e representa a distância vertical entre o PIV e o greide da pista.

Os cálculos dos demais trechos do projeto vertical estão indicadas no apêndice 9.2.

6.8 Projeto de Terraplenagem

O projeto de terraplenagem tem por objetivo avaliar a necessidade de material a ser escavado e levado, a bota-fora, bem como o material proveniente de empréstimos para a execução de aterros.

Uma forma de representar essa movimentação de terra, é por meio do Diagrama de Bruckner ou Diagrama de Massa.

O Diagrama de Massa tem como objetivo demonstrar graficamente a distribuição dos materiais compactados e escavados ao longo do trecho em estudo, permitindo ao projetista ajustar os cortes e os aterros e definir eventuais pontos de bota-fora e empréstimo (SALVI,2018).

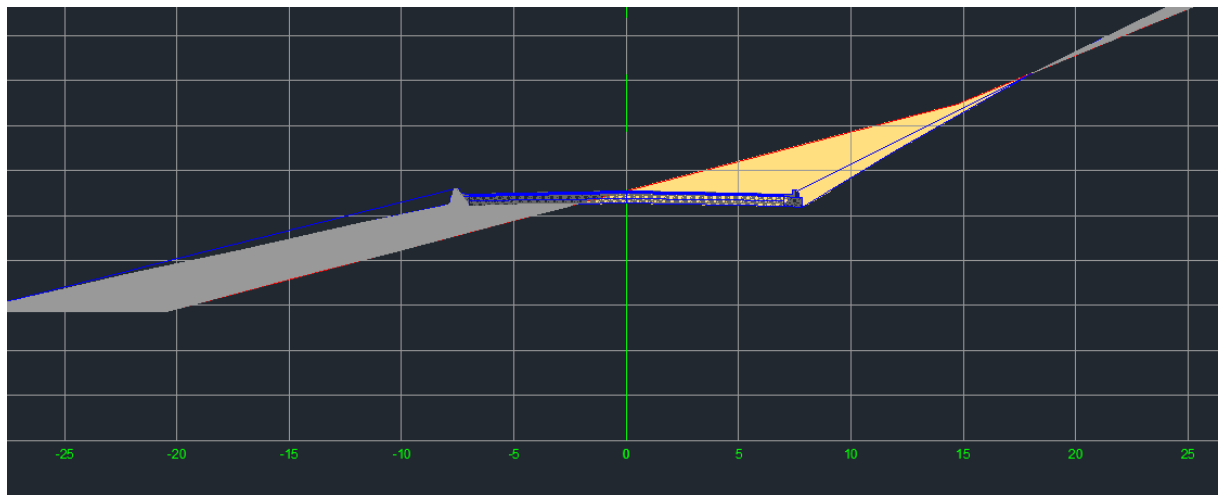
6.8.1 Cálculo dos volumes de corte e aterro

Os volumes de terraplenagem são calculados pelo método da semi-distância. O AutoCAD Civil 3D permite obter os volumes de corte e aterro por meio da cubagem entre a superfície do terreno e a superfície do “corredor”.

Para este estudo de caso, não foi computado para os volumes de cortes e aterros, o volume das camadas que compõem o pavimento, já que essas camadas são formadas por material selecionado diferente do terreno natural.

Na Figura 50, é mostrada a seção transversal da estaca 526+9,56 m. É possível ver que a seção é do tipo “Seção Mista” (quando há corte e aterro na mesma seção). Por ser um terreno montanhoso, já era esperado que as seções fossem do tipo “Seção Mista”.

Figura 50 - Seção transversal EST. 526+9,56m



Fonte: O autor

O AutoCAD Civil 3D gera uma tabela para o usuário com os volumes de corte e aterro de cada seção, os volumes acumulados de corte e aterro e o volume líquido da movimentação de terra. A tabela pode ser configurada para ser automática e ser atualizada conforme são feitas as alterações no projeto. A Figura 51 ilustra a tabela resumo de volumes gerada pelo AutoCAD Civil 3D.

Figura 51 - Tabela Resumo de Volumes

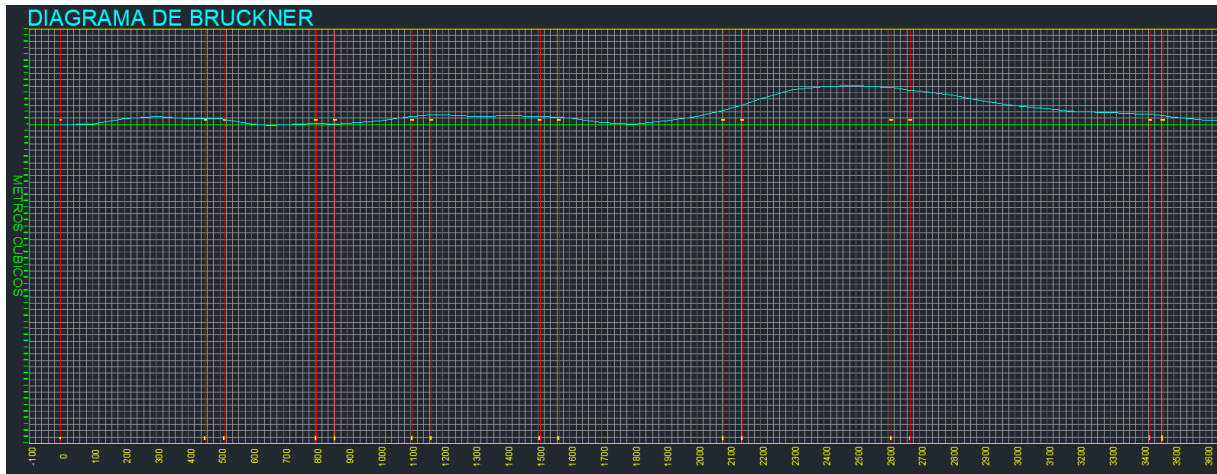
VOLUME TOTAL							
Estaca	Área de Corte (m ²)	Área de Aterro (m ²)	Volume de Corte (m ³)	Volume de Aterro (m ³)	Volum. Corte Acum. (m ³)	Volum Aterro Acum. (m ³)	Volume Líquido (m ³)
0+0,00	21,11	51,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5+0,00	151,62	64,31	8636,54	5774,71	8636,54	5774,71	2861,82
10+0,00	298,44	53,57	22502,88	5893,97	31139,41	11668,69	19470,73
15+0,00	51,08	148,40	17476,04	10098,14	48615,45	21766,83	26848,62
20+0,00	52,71	100,10	5189,34	12424,69	53804,79	34191,52	19613,27
22+15,36	96,80	83,79	4138,59	5090,19	57943,39	39281,71	18661,68
25+0,00	81,80	152,28	3986,13	5268,77	61929,51	44550,48	17379,03
25+15,36	94,28	285,97	1352,47	3366,23	63281,98	47916,72	15365,27
30+0,00	85,63	216,88	7613,52	21280,13	70895,50	69196,85	1698,66
32+19,02	55,24	70,39	4157,05	8477,05	75052,56	77673,90	-2621,34
35+0,00	161,02	24,07	4431,22	1935,50	79483,78	79609,40	-125,62
40+0,00	81,92	140,58	12146,91	8232,51	91630,68	87841,91	3788,77
40+2,68	85,26	135,66	223,76	369,73	91854,44	88211,64	3642,80
43+2,68	107,77	88,49	5790,90	6724,52	97645,34	94936,16	2709,19

Fonte: O autor

O resumo das áreas e volumes de terraplenagem se encontram no apêndice 9.3.

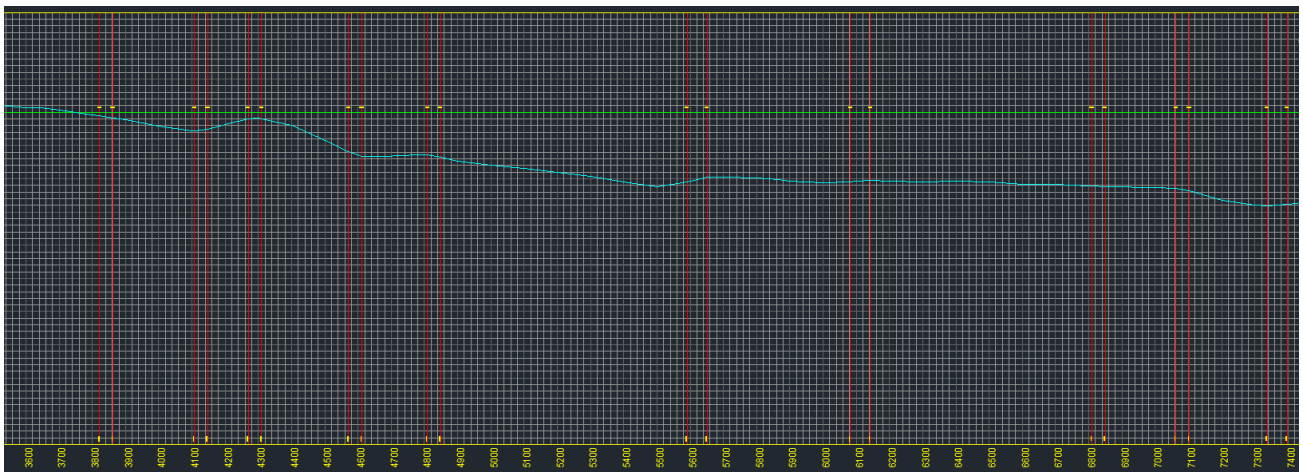
Além da tabela de volumes, o AutoCAD Civil 3D gera o Diagrama de Massa (Diagrama de Brückner) com a da ferramenta Haul Mass Diagram. Esse diagrama representa os volumes acumulados no decorrer do traçado. Nas Figuras 52 e 53, é mostrado o apenas um trecho do diagrama. É possível observar que no trecho inicial do traçado é predominante o volume acumulado de corte, porém, a partir de uma seção o volume acumulado, passa a ser de aterro e aumenta cada vez mais.

Figura 52 - Diagrama de Bruckner - parte 1



Fonte: O autor

Figura 53 - Diagrama de Bruckner - parte 2

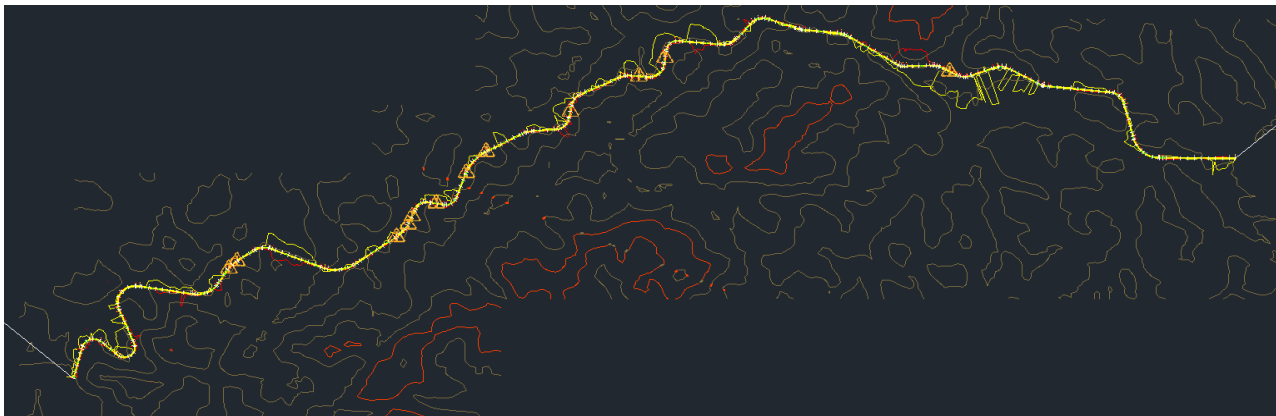


Fonte: O autor

6.9 Traçado Final

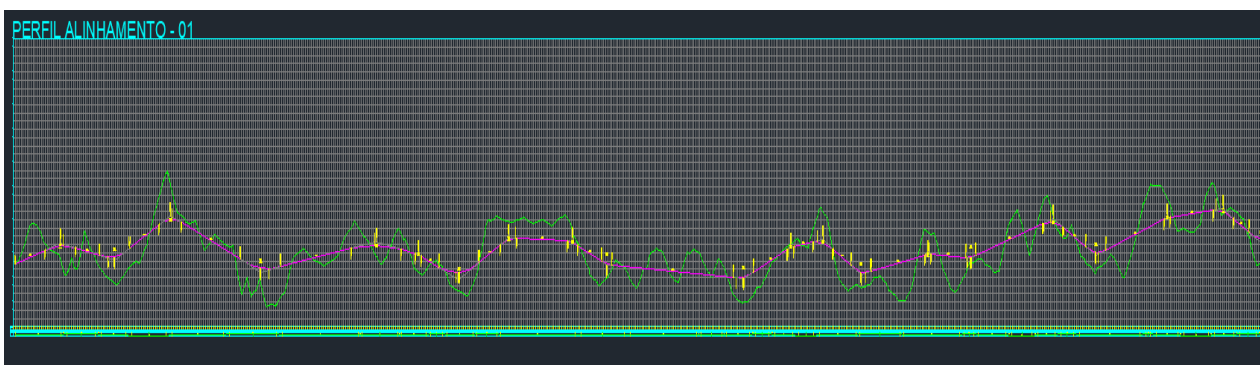
Nas Figuras 54 e 55 são apresentados a versão final do projeto horizontal e vertical.

Figura 54 - Alinhamento horizontal final



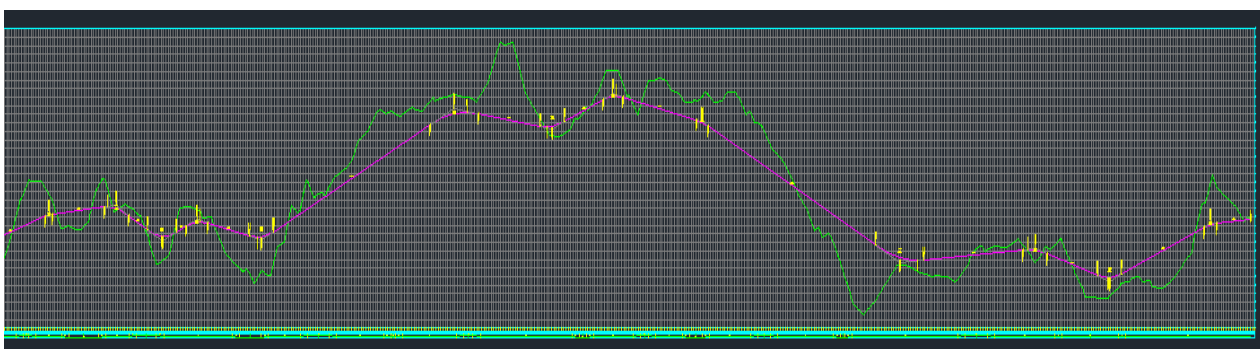
Fonte: O autor

Figura 55 - Perfil vertical - parte 1



Fonte: O autor

Figura 56 - Perfil vertical - parte 2



Fonte: O autor

7 CONCLUSÃO

O trabalho tinha como objetivo a elaboração de um projeto de estradas utilizando o *software* AutoCAD Civil 3D. De fato o objetivo foi alcançado com o estudo de caso apresentado no capítulo 6.

O AutoCAD Civil 3D se mostrou uma ferramenta de grande auxílio ao projetista devido à integração dos elementos e à automação das suas ferramentas. Como exemplo, tem-se a indicação do estaqueamento da rodovia que é automatizada pelo *software*, além da indicação dos Pontos de Interseção nos perfis. Isso faz com que os projetos sejam executados em um tempo bem menor que os métodos convencionais, além de permitir a pronta visualização do projeto.

No estudo de caso foi verificado que em alguns trechos alguns requisitos mínimos do DNER não puderam ser atendidos como por exemplo a distância mínima entre tangentes. Isso implicaria em um novo estudo do traçado para que todos os requisitos mínimos sejam atendidos.

Outra observação importante sobre o estudo de caso foi o volume de terraplenagem. No apêndice 9.3 é apresentado a tabela com os volumes de corte e aterro. O volume líquido foi de 772.643,01 m³ de aterro. Esse volume pode ser diminuído com a readequação do traçado ou com a reavaliação das inclinações dos taludes em determinados trechos.

Para estudos futuros é sugerido a reavaliação do traçado, a verificação da viabilidade econômica do empreendimento considerando os volumes de terraplenagem e o cálculo dos volumes do material que vai compor as camadas do pavimento.

O tempo de percurso entre a origem e o destino da rodovia apresentada no estudo de caso é de aproximadamente 21 minutos. Isso encurta o tempo de viagem entre os distritos em cerca de 20 minutos.

8 REFERÊNCIAS

BRASIL. Portaria nº 289, de 16 de julho de 2013. Dispõe sobre procedimentos a serem aplicados pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA – no licenciamento ambiental de rodovias e na regularização ambiental de rodovias federais. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 2013.

BRASIL. Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020. Estabelece a utilização do Building Information Modelling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10306.htm>. Acesso em 14 mar 2021.

CIVIL 3D BRAZIL. *Country KIT AutoCAD Civil 2019 - Brasil*. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/sites/default/files/file_downloads/2019_c3d_content_brazil_doc_portuguese.pdf>. Acesso em 31 mar 2021.

CTB – CÓDIGO BRASILEIRO DE TRÂNSITO. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9503.htm>. Acesso em 28 mar 2013.

DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. *Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais*. Rio de Janeiro: Serviço de Publicações, 1999.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. *Manual de Projeto de Interseções*. 2 ed. – Rio de Janeiro, 2005.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades e Estados. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rj/valenca.html>>. Acesso em 20 mar 2021.

GOOGLE. Software Google Earth Pro. Versão 7.3.3.7786. 21 jul 2020. Disponível em: <<https://www.google.com.br/earth/download/gep/agree.html>>. Acesso em 04/04/2021

LIMA, JOÃO PEDRO ALVES DE. Aplicação da metodologia BIM para estudos de obras de infraestrutura de transporte. Universidade Federal de Santa Catarina. Trabalho de Conclusão de Curso. Florianópolis. 2019.

MANZATO, G. *Elementos Básicos para o Projeto de uma Estrada*. 2018. Disponível em: <https://www.feb.unesp.br/Home/Departamentos343/EngenhariaCivil/gustavogarciamanzato/a2_elementosbasicos.pdf>. Acesso em 13 abr 2021.

MARCIA, SOUSA. 05/08/2020. Disponível em: <<https://ciclovivo.com.br/arq-urb/urbanismo/viaduto-vegetado-mico-leao-dourado/>>. Acesso em 10 abr 2021.

MIRANDA, RIAN DAS DORES DE. *Projeto de estradas com estudo de caso utilizando a ferramenta AutoCAD Civil 3D*. Universidade Federal Fluminense. Trabalho de Conclusão de Curso. Niterói. 2018.

OPEN TOPOGRAPHY. *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM GL3) Global 90m*. 2021. Disponível em: <<https://opentopography.org/>>. Acesso em 28 mar 2021.

PIMENTA, C.; OLIVEIRA, M. *Projeto Geométrico de Rodovias*. 2. ed. São Carlos: Rima, 2004.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VALENÇA. Distritos. Disponível em: <<http://www.valenca.rj.gov.br/category/distritos/>>. Acesso em 20 mar 2021.

QGIS. Versão 3.16.5 Disponível em: <<https://download.qgis.org>>. Acesso em 01 fev 2021.

SALVI, L. *Notas de Aula da disciplina Estradas I*. Universidade Federal Fluminense. Niterói, RJ, 2018.

WERNECK, CAROLINA. 04/07/2017. Disponível em: <<https://www.gazetadopovo.com.br/haus/estilo-cultura/primeiro-viaduto-para-travessia-de-animais-no-brasil-e-um-alerta-para-ecologia-de-estradas/>>. Acesso em 10 abr 2021.

WILLY DELVALLE. LINHA DO TEMPO – ESTRADAS. 30/06/2017. Disponível em: <<https://aventurasnahistoria.uol.com.br/noticias/civilizacoes/linha-do-tempo-estradas.phtml>>. Acesso em 14 mar 2021.

9 APÊNDICES

9.1 Projeto Geométrico Horizontal

Projeto Horizontal														
Curva	Terreno	V diretriz (km/h)	i máx (%)	e máx (%)	ftmáx	Rmín (m)	Radot (m)	e (%)	Lsmín (Barnett)	Lsmín (Superelev.)	Lsmín (Transição)	Lsmín (Estético)	Is máx (m)	Is adot (m)
1	Montanhoso	60	6	8	0,15	125	250	6,00	31,1	84	33,4	35,0	60,5	60,0
2	Montanhoso	60	6	8	0,15	125	150	7,78	51,8	109	33,4	45,4	100,8	60,0
3	Montanhoso	60	6	8	0,15	125	250	6,00	31,1	84	33,4	35,0	60,5	60,0
4	Montanhoso	60	6	8	0,15	125	350	4,69	22,2	66	33,4	27,4	43,2	40,0
5	Montanhoso	60	6	8	0,15	125	400	4,22	19,4	59	33,4	24,6	37,8	40,0
6	Montanhoso	60	6	8	0,15	125	500	3,50	15,6	49	33,4	20,4	30,2	60,0
7	Montanhoso	60	6	8	0,15	125	500	3,50	15,6	49	33,4	20,4	30,2	40,0
8	Montanhoso	60	6	8	0,15	125	150	7,78	51,8	109	33,4	45,4	100,8	60,0
9	Montanhoso	60	6	8	0,15	125	200	6,88	38,9	96	33,4	40,1	75,6	60,0
10	Montanhoso	60	6	8	0,15	125	600	2,99	13,0	42	33,4	17,4	25,2	40,0
11	Montanhoso	60	6	8	0,15	125	340	4,80	22,9	67	33,4	28,0	44,5	40,0
12	Montanhoso	60	6	8	0,15	125	200	6,88	38,9	96	33,4	40,1	75,6	60,0
13	Montanhoso	60	6	8	0,15	125	200	6,88	38,9	96	33,4	40,1	75,6	60,0
14	Montanhoso	60	6	8	0,15	125	200	6,88	38,9	96	33,4	40,1	75,6	60,0
15	Montanhoso	60	6	8	0,15	125	150	7,78	51,8	109	33,4	45,4	100,8	60,0
16	Montanhoso	60	6	8	0,15	125	250	6,00	31,1	84	33,4	35,0	60,5	60,0
17	Montanhoso	60	6	8	0,15	125	200	6,88	38,9	96,25	33,4	40,1	75,6	60,0
18	Montanhoso	60	6	8	0,15	125	400	4,22	19,4	59	33,4	24,6	37,8	60,0
19	Montanhoso	60	6	8	0,15	125	300	5,28	25,9	74	33,4	30,8	50,4	60,0
20	Montanhoso	60	6	8	0,15	125	200	6,88	38,9	96	33,4	40,1	75,6	60,0
21	Montanhoso	60	6	8	0,15	125	250	6,00	31,1	84	33,4	35,0	60,5	60,0
22	Montanhoso	60	6	8	0,15	125	200	6,88	38,9	96	33,4	40,1	75,6	60,0
23	Montanhoso	60	6	8	0,15	125	200	6,88	38,9	96,25	33,4	40,1	75,6	60,0
24	Montanhoso	60	6	8	0,15	125	250	6,00	31,1	84	33,4	35,0	60,5	60,0
25	Montanhoso	60	6	8	0,15	125	200	6,88	38,9	96,25	33,4	40,1	75,6	60,0

9.2 Projeto Geométrico Vertical

Projeto Vertical																
Curva	Terreno	V diretriz (km/h)	i máx (%)	f máx	i1 (%)	i2 (%)	g (%)	Curva Vertical	Dpi1 (m)	Dpi2 (m)	Dp adot (m)	Hipótese 1 (m)	Hipótese 2 (m)	Lmín,abs (m)	Lmín (m)	Ladot (m)
1	Montanhoso	60	6	0,34	2,93	-2,01	4,94	Convexa	85,3	92,0	92,0	102	100,6	36	102	300
2	Montanhoso	60	6	0,34	-2,01	4,89	-6,9	Côncava	92,0	83,1	92,0	132	119,7	36	132	300
3	Montanhoso	60	6	0,34	4,89	-3,79	8,68	Convexa	83,1	95,0	95,0	190	142,5	36	190	220
4	Montanhoso	60	6	0,34	-3,79	1,6	-5,39	Côncava	95,0	86,9	95,0	107	105,6	36	107	400
5	Montanhoso	60	6	0,34	1,6	-1,87	3,47	Convexa	86,9	91,8	91,8	71	64,9	36	71	500
6	Montanhoso	60	6	0,34	-1,87	-3,81	1,94	Convexa	91,8	95,0	95,0	42	-22,4	36	42	60
7	Montanhoso	60	6	0,34	-3,81	5,12	-8,93	Côncava	95,0	82,9	95,0	177	139,1	36	177	400
8	Montanhoso	60	6	0,34	5,12	-0,33	5,45	Convexa	82,9	89,5	89,5	106	103,4	36	106	160
9	Montanhoso	60	6	0,34	-0,33	-4,22	3,89	Convexa	89,5	95,7	95,7	87	85,5	36	87	100
10	Montanhoso	60	6	0,34	-4,22	-0,61	-3,61	Côncava	95,7	89,9	95,7	72	64,8	36	72	100
11	Montanhoso	60	6	0,34	-0,61	4,08	-4,69	Côncava	89,9	84,0	89,9	87	86,7	36	87	200
12	Montanhoso	60	6	0,34	4,08	1,4	2,68	Convexa	84,0	87,2	87,2	49	20,7	36	49	60
13	Montanhoso	60	6	0,34	1,4	-5,62	7,02	Convexa	87,2	98,4	98,4	165	138,1	36	165	200
14	Montanhoso	60	6	0,34	-5,62	1,89	-7,51	Côncava	98,4	86,6	98,4	156	134,7	36	156	200
15	Montanhoso	60	6	0,34	1,89	-0,57	2,46	Convexa	86,6	89,9	89,9	48	12,2	36	48	60
16	Montanhoso	60	6	0,34	-0,57	2,91	-3,48	Côncava	89,9	85,3	89,9	64	54,3	36	64	100
17	Montanhoso	60	6	0,34	2,91	-5,27	8,18	Convexa	85,3	97,7	97,7	189	145,0	36	189	200
18	Montanhoso	60	6	0,34	-5,27	3,27	-8,54	Côncava	97,7	84,9	97,7	176	141,1	36	176	200
19	Montanhoso	60	6	0,34	3,27	0,91	2,36	Convexa	84,9	87,8	87,8	44	1,1	36	44	60
20	Montanhoso	60	6	0,34	0,91	-5,54	6,45	Convexa	87,8	98,2	98,2	151	132,6	36	151	200
21	Montanhoso	60	6	0,34	-5,54	4,44	-9,98	Côncava	98,2	83,6	98,2	207	149,8	36	207	240
22	Montanhoso	60	6	0,34	4,44	-2,31	6,75	Convexa	83,6	92,5	92,5	140	123,9	36	140	180
23	Montanhoso	60	6	0,34	-2,31	4,83	-7,14	Côncava	92,5	83,2	92,5	137	122,6	36	137	200
24	Montanhoso	60	6	0,34	4,83	-1,49	6,32	Convexa	83,2	91,2	91,2	128	117,2	36	128	400
25	Montanhoso	60	6	0,34	-1,49	4,1	-5,59	Côncava	91,2	84,0	91,2	105	103,5	36	105	200
26	Montanhoso	60	6	0,34	4,1	-2,21	6,31	Convexa	84,0	92,3	92,3	131	119,4	36	131	160
27	Montanhoso	60	6	0,34	-2,21	-5,01	2,8	Convexa	92,3	97,2	97,2	64	47,2	36	64	100
28	Montanhoso	60	6	0,34	-5,01	0,72	-5,73	Côncava	97,2	88,1	97,2	117	113,7	36	117	400
29	Montanhoso	60	6	0,34	0,72	-3,12	3,84	Convexa	88,1	93,8	93,8	82	80,3	36	82	200
30	Montanhoso	60	6	0,34	-3,12	4,03	-7,15	Côncava	93,8	84,1	93,8	140	124,6	36	140	200
31	Montanhoso	60	6	0,34	4,03	0,67	3,36	Convexa	84,1	88,1	88,1	63	53,7	36	63	100

9.3 Volume de Terraplenagem

VOLUME TOTAL							
Estaca	Área de Corte (m ²)	Área de Aterro (m ²)	Volume de Corte (m ³)	Volume de Aterro (m ³)	Volum. Corte Acum. (m ³)	Volum Aterro Acum. (m ³)	Volume Líquido (m ³)
0+0,00	21.11	51.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5+0,00	151.62	64.31	8636.54	5774.71	8636.54	5774.71	2861.82
10+0,00	298.44	53.57	22502.88	5893.97	31139.41	11668.69	19470.73
15+0,00	51.08	148.40	17476.04	10098.14	48615.45	21766.83	26848.62
20+0,00	52.71	100.10	5189.34	12424.69	53804.79	34191.52	19613.27
22+15,36	96.80	83.79	4138.59	5090.19	57943.39	39281.71	18661.68
25+0,00	81.80	152.28	3986.13	5268.77	61929.51	44550.48	17379.03
25+15,36	94.28	285.97	1352.47	3366.23	63281.98	47916.72	15365.27
30+0,00	85.63	216.88	7613.52	21280.13	70895.50	69196.85	1698.66
32+19,02	55.24	70.39	4157.05	8477.05	75052.56	77673.90	-2621.34
35+0,00	161.02	24.07	4431.22	1935.50	79483.78	79609.40	-125.62
40+0,00	81.92	140.58	12146.91	8232.51	91630.68	87841.91	3788.77
40+2,68	85.26	135.66	223.76	369.73	91854.44	88211.64	3642.80
43+2,68	107.77	88.49	5790.90	6724.52	97645.34	94936.16	2709.19
45+0,00	83.31	54.98	3565.83	2677.36	101211.17	97613.52	3597.66
50+0,00	136.52	12.17	10991.46	3357.35	112202.64	100970.86	11231.77
55+0,00	190.91	23.70	16371.90	1793.14	128574.54	102764.00	25810.53
55+5,18	189.18	22.73	985.04	120.30	129559.57	102884.31	26675.27
58+5,18	24.01	32.07	6395.76	1643.86	135955.33	104528.16	31427.17
60+0,00	24.75	60.75	848.93	1615.92	136804.27	106144.09	30660.18
65+0,00	9.72	71.28	1723.49	6601.91	138527.75	112746.00	25781.75
66+16,33	55.56	0.02	1185.81	1295.22	139713.56	114041.22	25672.35
70+0,00	46.23	0.68	3240.42	21.98	142953.99	114063.20	28890.79
75+0,00	54.51	152.67	5037.07	7667.03	147991.05	121730.23	26260.83
75+7,48	69.09	131.14	462.31	1061.57	148453.36	122791.79	25661.57
78+7,48	87.36	79.40	4693.53	6316.43	153146.90	129108.23	24038.67
80+0,00	64.32	196.95	2466.35	4493.41	155613.25	133601.63	22011.61
85+0,00	49.89	247.99	5710.76	22247.09	161324.01	155848.73	5475.28
90+0,00	126.71	9.81	8829.95	12890.22	170153.96	168738.95	1415.01
95+0,00	154.63	59.87	14066.80	3484.06	184220.75	172223.01	11997.74
100+0,00	200.06	5.95	17734.74	3291.06	201955.49	175514.07	26441.42
104+3,14	247.88	4.24	18620.32	423.53	220575.81	175937.60	44638.21
105+0,00	305.47	5.61	4665.75	83.03	225241.56	176020.62	49220.93
107+3,14	357.46	55.37	14298.15	1315.33	239539.71	177335.95	62203.76
110+0,00	347.30	12.28	20037.71	1923.63	259577.42	179259.59	80317.84
115+0,00	241.09	6.25	29419.58	926.63	288997.00	180186.22	108810.78
118+17,12	54.98	53.68	11417.08	2311.08	300414.08	182497.29	117916.79
120+0,00	50.63	20.97	1207.93	853.90	301622.01	183351.19	118270.82
125+0,00	63.71	2.72	5716.77	1184.66	307338.79	184535.85	122802.94
130+0,00	9.51	170.52	3660.86	8662.18	310999.64	193198.03	117801.61
130+11,11	15.61	172.13	139.60	1903.83	311139.25	195101.85	116037.39

133+11,11	57.63	163.61	2197.30	10072.31	313336.55	205174.17	108162.38
135+0,00	129.69	215.82	2705.59	5480.50	316042.14	210654.67	105387.47
140+0,00	21.86	201.04	7577.25	20843.15	323619.40	231497.83	92121.57
145+0,00	66.59	241.91	4422.54	22147.68	328041.93	253645.50	74396.43
150+0,00	92.38	206.47	7948.83	22418.84	335990.76	276064.34	59926.42
155+0,00	27.32	111.61	5984.94	15903.61	341975.70	291967.96	50007.75
160+0,00	18.58	113.84	2294.81	11272.42	344270.51	303240.37	41030.14
165+0,00	66.65	53.07	4261.34	8345.34	348531.85	311585.71	36946.14
170+0,00	36.67	107.17	5165.80	8011.74	353697.65	319597.45	34100.19
171+5,34	27.36	135.66	811.44	3077.24	354509.08	322674.70	31834.39
173+5,34	27.30	149.78	1093.32	5708.86	355602.40	328383.55	27218.85
175+0,00	32.11	173.72	1029.44	5605.44	356631.84	333989.00	22642.84
180+0,00	19.28	36.47	2569.57	10509.05	359201.41	344498.05	14703.37
182+3,72	10.38	88.05	648.48	2721.84	359849.89	347219.89	12630.01
185+0,00	15.61	183.30	731.48	7636.03	360581.37	354855.92	5725.45
190+0,00	185.26	304.69	10043.60	24399.43	370624.98	379255.35	-8630.37
191+2,09	213.35	318.05	4403.28	6879.14	375028.26	386134.48	-11106.23
193+2,09	131.50	308.15	6896.96	12524.09	381925.21	398658.58	-16733.37
195+0,00	21.79	104.70	2905.37	7824.91	384830.58	406483.49	-21652.91
200+0,00	19.83	342.94	2081.05	22381.73	386911.63	428865.21	-41953.58
205+0,00	87.66	31.31	5374.35	18712.55	392285.97	447577.76	-55291.79
205+7,55	89.62	38.33	669.31	262.94	392955.28	447840.70	-54885.42
207+7,55	182.53	25.94	5442.85	1285.36	398398.13	449126.07	-50727.93
210+0,00	371.21	9.77	14521.31	936.39	412919.44	450062.45	-37143.01
210+8,57	381.63	8.15	3224.88	76.77	416144.32	450139.22	-33994.89
213+9,58	198.79	97.07	17707.37	3210.23	433851.70	453349.44	-19497.75
215+0,00	51.13	75.61	3800.82	2626.20	437652.52	455975.64	-18323.12
215+9,58	31.78	117.62	397.30	925.92	438049.82	456901.56	-18851.74
220+0,00	16.78	364.29	2195.37	21786.36	440245.19	478687.92	-38442.74
225+0,00	9.73	571.10	1325.11	46769.56	441570.30	525457.48	-83887.18
228+11,59	11.13	424.52	746.33	35637.44	442316.63	561094.92	-118778.29
230+0,00	10.59	297.41	308.50	10255.66	442625.13	571350.58	-128725.46
230+11,59	10.46	218.97	121.95	2991.98	442747.07	574342.56	-131595.48
235+0,00	194.48	0.51	9059.36	9702.25	451806.44	584044.80	-132238.36
235+10,26	132.84	0.28	1679.15	4.08	453485.59	584048.88	-130563.29
240+0,00	51.60	122.98	8275.93	5530.67	461761.52	589579.55	-127818.03
240+8,93	60.77	195.87	501.82	1423.90	462263.34	591003.44	-128740.11
242+8,93	131.27	361.55	3840.85	11148.29	466104.18	602151.74	-136047.55
245+0,00	215.10	379.36	8844.31	18918.45	474948.49	621070.19	-146121.70
250+0,00	188.00	268.47	20154.98	32391.65	495103.47	653461.84	-158358.37
255+0,00	154.79	279.59	17139.62	27403.39	512243.09	680865.23	-168622.14
260+0,00	124.55	267.77	13966.89	27368.22	526209.98	708233.44	-182023.46
265+0,00	130.31	204.99	12742.68	23638.19	538952.66	731871.63	-192918.98
270+0,00	30.03	283.85	8016.98	24442.12	546969.64	756313.76	-209344.12
275+0,00	92.71	145.88	6137.22	21486.51	553106.86	777800.26	-224693.41
279+10,84	377.28	4.56	21347.03	6832.98	574453.89	784633.24	-210179.36

280+0,00	357.07	15.17	3363.57	90.39	577817.46	784723.64	-206906.18
282+10,84	161.53	91.78	13182.62	2718.83	591000.08	787442.47	-196442.39
285+0,00	77.61	65.50	5878.24	3866.14	596878.31	791308.61	-194430.29
290+0,00	14.02	82.37	4581.36	7393.49	601459.67	798702.10	-197242.43
293+6,50	9.91	125.34	795.52	6905.85	602255.20	805607.95	-203352.75
295+0,00	10.00	84.23	333.61	3510.81	602588.81	809118.76	-206529.95
300+0,00	19.68	62.25	1484.27	7323.98	604073.08	816442.74	-212369.66
304+2,15	130.79	4.65	6180.71	2748.00	610253.79	819190.73	-208936.94
305+0,00	122.24	11.65	2258.03	145.51	612511.82	819336.24	-206824.42
307+2,15	38.48	49.82	3387.36	1295.59	615899.18	820631.83	-204732.65
310+0,00	18.88	86.57	1658.99	3945.00	617558.16	824576.83	-207018.67
315+0,00	48.18	11.38	3352.95	4897.51	620911.11	829474.34	-208563.23
320+0,00	34.21	28.09	4119.53	1973.26	625030.64	831447.60	-206416.96
325+0,00	33.12	111.42	3366.56	6975.23	628397.20	838422.82	-210025.63
330+0,00	10.09	63.59	2160.73	8750.46	630557.93	847173.28	-216615.35
335+0,00	47.42	6.31	2875.59	3495.12	633433.52	850668.40	-217234.89
340+0,00	40.94	156.65	4417.91	8148.18	637851.43	858816.58	-220965.16
340+9,49	40.85	138.81	388.08	1401.93	638239.51	860218.51	-221979.00
342+9,49	20.09	19.56	1218.74	3167.34	639458.24	863385.85	-223927.61
345+0,00	13.73	39.84	853.96	1500.17	640312.20	864886.02	-224573.82
347+15,95	40.20	41.78	1508.74	2283.56	641820.95	867169.58	-225348.64
350+0,00	88.47	117.06	2833.72	3498.08	644654.67	870667.66	-226012.99
353+2,42	23.59	115.29	3497.46	7251.63	648152.13	877919.29	-229767.16
355+0,00	21.69	283.34	850.78	7490.15	649002.91	885409.44	-236406.53
355+2,42	20.87	284.71	51.50	687.37	649054.41	886096.81	-237042.40
360+0,00	9.44	301.84	1479.07	28617.71	650533.48	914714.52	-264181.04
365+0,00	13.65	47.36	1154.68	17459.73	651688.16	932174.25	-280486.09
366+17,66	52.61	24.53	1247.70	1353.62	652935.87	933527.88	-280592.01
369+17,66	124.56	3.82	5315.01	850.37	658250.88	934378.25	-276127.37
370+0,00	138.93	3.61	308.12	8.69	658559.00	934386.94	-275827.94
373+3,51	110.60	16.56	7923.42	640.40	666482.41	935027.34	-268544.93
375+0,00	98.36	34.21	3812.73	926.33	670295.15	935953.68	-265658.53
376+9,35	78.64	31.94	2597.72	970.88	672892.87	936924.55	-264031.69
379+9,35	121.35	158.22	5999.61	5705.05	678892.48	942629.61	-263737.13
380+0,00	137.99	160.91	1380.62	1698.98	680273.10	944328.58	-264055.48
385+0,00	116.00	253.17	12699.63	20704.12	692972.74	965032.70	-272059.97
388+8,25	126.54	223.35	8276.78	16260.94	701249.51	981293.64	-280044.13
390+0,00	81.47	198.59	3302.38	6698.46	704551.89	987992.10	-283440.21
391+8,25	75.80	182.71	2221.44	5385.78	706773.33	993377.89	-286604.55
395+0,00	20.73	40.77	3463.13	8017.47	710236.46	1001395.36	-291158.89
395+1,47	21.03	40.49	30.66	59.66	710267.12	1001455.01	-291187.89
398+14,69	23.42	55.58	1627.32	3517.06	711894.45	1004972.07	-293077.63
400+0,00	33.45	83.77	719.83	1763.67	712614.27	1006735.74	-294121.47
401+14,69	239.62	89.80	4736.10	3010.39	717350.38	1009746.13	-292395.76
405+0,00	24.16	75.30	8614.24	5391.57	725964.62	1015137.70	-289173.09
410+0,00	20.26	626.89	2220.96	35109.74	728185.58	1050247.45	-322061.87

415+0,00	9.31	190.30	1478.43	40859.94	729664.01	1091107.39	-361443.38
419+17,56	175.35	4.43	9007.50	9499.12	738671.51	1100606.51	-361935.00
420+0,00	178.87	3.95	432.37	10.24	739103.88	1100616.75	-361512.86
421+17,56	127.63	32.60	5755.78	686.36	744859.66	1101303.10	-356443.44
425+0,00	128.00	37.12	7980.93	2176.64	752840.60	1103479.75	-350639.15
430+0,00	289.81	88.68	20890.90	6290.30	773731.50	1109770.05	-336038.55
431+17,38	299.23	55.89	11008.25	2701.87	784739.75	1112471.92	-327732.18
435+0,00	256.26	58.79	17393.59	3591.03	802133.34	1116062.95	-313929.61
440+0,00	13.68	188.68	13497.18	12373.78	815630.53	1128436.73	-312806.20
441+17,19	9.85	296.74	437.65	9027.42	816068.18	1137464.15	-321395.97
443+17,19	39.26	251.92	982.22	10973.16	817050.40	1148437.31	-331386.91
445+0,00	133.13	342.30	1965.75	6775.80	819016.15	1155213.11	-336196.96
450+0,00	299.85	490.67	21649.13	41648.08	840665.28	1196861.19	-356195.91
455+0,00	38.13	129.75	16899.04	31020.90	857564.31	1227882.09	-370317.78
460+0,00	71.90	281.63	5501.39	20568.93	863065.71	1248451.02	-385385.31
465+0,00	42.07	600.17	5698.56	44089.76	868764.26	1292540.77	-423776.51
470+0,00	10.85	393.09	2646.00	49663.01	871410.26	1342203.78	-470793.52
471+18,37	56.93	182.56	1300.14	11042.85	872710.40	1353246.63	-480536.24
473+18,37	122.69	17.93	3592.35	4009.68	876302.75	1357256.31	-480953.56
475+0,00	142.72	5.92	2870.84	257.97	879173.59	1357514.28	-478340.69
476+8,90	148.30	9.07	4205.83	216.69	883379.42	1357730.97	-474351.55
478+19,44	176.27	110.25	8201.57	3015.10	891580.99	1360746.07	-469165.08
480+0,00	128.92	126.14	3137.24	2429.93	894718.23	1363176.01	-468457.77
480+19,44	83.69	154.24	2066.74	2725.36	896784.98	1365901.36	-469116.39
485+0,00	31.35	351.85	4633.85	20384.75	901418.83	1386286.11	-484867.28
490+0,00	12.85	617.65	2209.95	48474.75	903628.78	1434760.86	-531132.08
494+16,58	119.25	177.61	6379.00	38401.69	910007.78	1473162.55	-563154.78
495+0,00	119.79	165.56	409.20	587.44	910416.97	1473749.99	-563333.02
497+16,58	28.73	171.19	4201.43	9525.90	914618.40	1483275.89	-568657.48
500+0,00	192.09	25.65	4794.43	4273.63	919412.83	1487549.52	-568136.69
502+17,32	18.04	239.18	6022.68	7590.04	925435.51	1495139.56	-569704.04
505+0,00	13.83	242.76	680.27	10284.07	926115.79	1505423.62	-579307.84
507+18,07	30.17	194.96	1277.76	12708.40	927393.54	1518132.02	-590738.48
510+0,00	45.31	183.30	1582.75	7930.82	928976.29	1526062.84	-597086.55
510+18,07	71.36	182.50	1053.98	3304.47	930030.28	1529367.31	-599337.04
515+0,00	168.79	50.41	9838.29	9541.57	939868.56	1538908.89	-599040.33
519+5,11	37.82	249.63	8792.41	12767.81	948660.97	1551676.70	-603015.73
520+0,00	38.43	250.85	567.80	3726.66	949228.78	1555403.36	-606174.58
522+5,11	31.67	129.58	1581.01	8580.17	950809.79	1563983.53	-613173.75
525+0,00	138.21	20.99	4662.49	4132.57	955472.28	1568116.10	-612643.83
525+9,56	70.52	50.63	997.54	342.25	956469.82	1568458.35	-611988.54
528+14,01	152.92	113.93	7200.46	5302.90	963670.27	1573761.25	-610090.98
530+0,00	202.09	60.98	4613.47	2273.03	968283.74	1576034.28	-607750.53
531+14,01	138.88	14.72	5797.98	1287.23	974081.73	1577321.51	-603239.78
535+0,00	12.19	218.86	4984.59	7707.30	979066.32	1585028.81	-605962.49
540+0,00	31.85	194.74	2201.75	20680.00	981268.07	1605708.81	-624440.75

545+0,00	44.75	100.91	3829.79	14782.25	985097.86	1620491.06	-635393.20
550+0,00	77.30	176.56	6102.32	13873.28	991200.18	1634364.34	-643164.17
555+0,00	11.49	411.34	4439.44	29394.93	995639.62	1663759.27	-668119.66
560+0,00	46.72	76.95	2910.28	24414.76	998549.90	1688174.04	-689624.14
561+18,81	112.70	10.02	3093.15	1687.51	1001643.05	1689861.55	-688218.49
564+18,81	22.64	52.50	4060.19	1875.48	1005703.25	1691737.03	-686033.78
565+0,00	22.46	54.08	26.91	63.59	1005730.16	1691800.62	-686070.46
566+1,33	17.15	103.33	422.39	1678.52	1006152.54	1693479.14	-687326.59
567+3,84	33.32	189.56	568.31	3297.89	1006720.85	1696777.03	-690056.17
570+0,00	122.84	243.23	4384.74	12151.68	1011105.60	1708928.70	-697823.11
570+3,84	119.44	241.22	465.77	931.31	1011571.37	1709860.01	-698288.64
575+0,00	239.45	238.26	17254.68	23052.30	1028826.05	1732912.31	-704086.26
580+0,00	113.57	34.56	17650.98	13640.93	1046477.03	1746553.24	-700076.21
580+14,78	120.90	27.43	1733.22	458.20	1048210.25	1747011.44	-698801.19
583+14,78	107.83	44.42	6861.75	2155.26	1055072.00	1749166.70	-694094.70
585+0,00	72.66	36.92	2275.56	1025.46	1057347.56	1750192.16	-692844.59
589+16,35	12.65	270.59	4109.50	14813.94	1061457.07	1765006.10	-703549.03
590+0,00	13.00	270.69	46.82	988.15	1061503.89	1765994.25	-704490.36
595+0,00	260.87	90.89	13693.83	18079.10	1075197.72	1784073.36	-708875.63
595+17,91	157.30	91.29	3745.45	1631.70	1078943.18	1785705.05	-706761.87
598+17,91	40.35	67.24	5929.51	4755.98	1084872.68	1790461.03	-705588.35
600+0,00	36.74	151.85	851.32	2419.49	1085724.00	1792880.52	-707156.52
605+0,00	94.27	126.12	6550.72	13898.55	1092274.72	1806779.07	-714504.35
608+15,09	213.24	213.18	11544.81	12738.54	1103819.53	1819517.61	-715698.08
610+0,00	178.80	207.18	4883.80	5236.62	1108703.33	1824754.22	-716050.89
611+15,09	186.48	157.50	6408.15	6397.53	1115111.48	1831151.76	-716040.28
615+0,00	128.27	181.42	10215.91	11000.47	1125327.38	1842152.23	-716824.85
615+18,14	104.39	175.53	2109.66	3236.78	1127437.05	1845389.01	-717951.96
620+0,00	49.86	67.60	6313.62	9952.11	1133750.66	1855341.12	-721590.46
620+1,19	48.31	57.25	58.19	74.01	1133808.85	1855415.13	-721606.28
623+1,19	18.17	119.31	1994.27	5296.98	1135803.12	1860712.11	-724908.99
625+0,00	17.38	131.93	690.00	4876.03	1136493.12	1865588.14	-729095.03
630+0,00	46.88	49.32	3212.95	9062.90	1139706.07	1874651.05	-734944.98
635+0,00	343.64	251.44	19525.96	15038.37	1159232.03	1889689.41	-730457.38
640+0,00	228.50	138.72	28607.40	19508.13	1187839.43	1909197.55	-721358.12
645+0,00	27.18	158.36	12784.25	14853.76	1200623.69	1924051.31	-723427.62
650+0,00	15.41	270.87	2129.32	21461.13	1202753.01	1945512.43	-742759.43
651+13,34	23.28	396.03	644.79	11115.84	1203397.80	1956628.28	-753230.48
654+13,34	33.68	214.36	1708.90	18311.67	1205106.69	1974939.95	-769833.25
655+0,00	26.99	192.21	202.17	1354.66	1205308.86	1976294.61	-770985.75
659+1,92	34.64	78.36	2524.19	11082.14	1207833.05	1987376.75	-779543.70
660+0,00	34.17	113.13	622.16	1731.42	1208455.21	1989108.17	-780652.96
663+10,50	13.68	138.67	1686.73	8875.39	1210141.94	1997983.57	-787841.63
665+0,00	14.29	158.05	412.59	4377.30	1210554.53	2002360.86	-791806.33
666+10,50	46.76	105.69	930.84	4021.42	1211485.37	2006382.28	-794896.91
670+0,00	159.50	23.93	7168.04	4504.48	1218653.41	2010886.76	-792233.34

675+0,00	21.57	76.60	9053.67	5026.65	1227707.08	2015913.41	-788206.33
679+16,82	74.40	65.68	4646.23	6887.73	1232353.31	2022801.14	-790447.83
680+0,00	57.82	82.81	210.27	236.13	1232563.58	2023037.27	-790473.69
682+16,82	15.19	92.08	2074.39	4968.73	1234637.97	2028006.00	-793368.03
685+0,00	19.20	56.84	742.48	3215.20	1235380.45	2031221.20	-795840.75
687+6,73	94.09	6.03	2647.07	1468.88	1238027.51	2032690.08	-794662.57
690+0,00	9.50	70.41	2759.03	2035.74	1240786.54	2034725.82	-793939.28
691+16,65	11.19	55.37	379.14	2304.59	1241165.68	2037030.41	-795864.73
694+16,65	250.71	3.46	7857.06	1764.70	1249022.74	2038795.11	-789772.37
695+0,00	260.57	3.65	857.34	11.91	1249880.08	2038807.02	-788926.94
700+0,00	33.59	6.27	14707.52	495.69	1264587.60	2039302.71	-774715.10
705+0,00	80.09	16.68	5683.65	1147.34	1270271.25	2040450.04	-770178.79
710+0,00	207.34	6.46	14371.21	1156.88	1284642.46	2041606.92	-756964.46
714+7,85	320.20	5.13	23171.12	509.00	1307813.58	2042115.92	-734302.33
715+0,00	329.02	0.55	3945.31	34.51	1311758.89	2042150.42	-730391.53
717+7,85	394.29	0.05	17303.74	14.17	1329062.63	2042164.59	-713101.96
718+6,07	430.09	0.02	7512.51	0.58	1336575.14	2042165.17	-705590.02
719+4,30	449.63	0.02	8016.81	0.30	1344591.95	2042165.46	-697573.52
720+0,00	437.89	0.29	6967.91	2.37	1351559.86	2042167.83	-690607.97
722+4,30	337.81	2.52	17180.87	62.24	1368740.73	2042230.07	-673489.34
725+0,00	300.27	0.13	17771.24	73.96	1386511.97	2042304.03	-655792.06
730+0,00	101.32	0.40	20079.60	26.35	1406591.57	2042330.38	-635738.81
735+0,00	198.38	0.17	14985.21	28.49	1421576.78	2042358.87	-620782.10
740+0,00	12.28	85.76	10533.22	4296.72	1432109.99	2046655.60	-614545.61
744+10,75	12.68	101.11	1132.57	8479.34	1433242.56	2055134.94	-621892.38
745+0,00	12.65	107.17	117.14	963.09	1433359.71	2056098.03	-622738.32
747+10,75	12.41	121.25	636.01	5796.34	1433995.72	2061894.37	-627898.65
749+9,85	13.02	117.71	497.14	4672.02	1434492.86	2066566.39	-632073.54
750+0,00	13.01	115.42	132.04	1182.57	1434624.89	2067748.96	-633124.07
751+8,96	4.43	111.66	252.51	3287.78	1434877.40	2071036.75	-636159.35
754+8,96	11.01	99.70	463.17	6340.98	1435340.57	2077377.73	-642037.16
755+0,00	11.03	80.24	121.71	993.55	1435462.28	2078371.28	-642909.00
760+0,00	19.18	53.59	1510.61	6691.48	1436972.89	2085062.76	-648089.88
765+0,00	102.37	28.62	6077.46	4110.12	1443050.35	2089172.88	-646122.54
770+0,00	27.31	82.65	6484.23	5563.26	1449534.58	2094736.15	-645201.57
775+0,00	38.28	291.55	3279.71	18709.79	1452814.28	2113445.94	-660631.65
780+0,00	77.21	274.39	5774.34	28297.03	1458588.63	2141742.97	-683154.34
785+0,00	32.51	206.46	5485.81	24042.67	1464074.43	2165785.64	-701711.21
790+0,00	172.66	42.98	10258.44	12472.04	1474332.88	2178257.68	-703924.81
792+8,28	278.13	92.99	10882.81	3282.55	1485215.69	2181540.24	-696324.55
795+0,00	159.51	142.85	11316.75	6098.57	1496532.44	2187638.80	-691106.36
795+8,28	158.47	182.56	1316.90	1347.70	1497849.34	2188986.50	-691137.17
796+17,88	175.42	292.37	4941.30	7028.61	1502790.63	2196015.12	-693224.48
798+7,48	210.50	248.50	5711.31	8004.55	1508501.94	2204019.67	-695517.73
800+0,00	316.70	369.00	8572.12	10040.44	1517074.06	2214060.11	-696986.05
801+7,48	316.05	467.26	8694.22	11490.41	1525768.28	2225550.53	-699782.24

805+0,00	444.04	616.02	27560.57	39279.33	1553328.85	2264829.85	-711501.00
810+0,00	378.49	540.54	41126.33	57828.26	1594455.18	2322658.11	-728202.93
815+0,00	242.18	419.67	31033.33	48010.43	1625488.51	2370668.55	-745180.04
817+18,55	101.52	76.54	10062.00	14526.84	1635550.51	2385195.39	-749644.87
820+0,00	32.75	647.83	2782.59	15012.16	1638333.10	2400207.55	-761874.44
820+18,55	27.29	421.87	556.83	9922.15	1638889.93	2410129.70	-771239.77
822+12,89	23.55	341.59	872.67	13106.66	1639762.60	2423236.35	-783473.75
824+7,22	18.25	195.42	717.63	9219.04	1640480.24	2432455.40	-791975.16
825+0,00	18.45	101.18	234.56	1895.24	1640714.80	2434350.64	-793635.84
827+7,22	41.96	60.32	1426.37	3813.22	1642141.17	2438163.86	-796022.70
830+0,00	158.50	150.41	5290.16	5561.34	1647431.33	2443725.20	-796293.87
835+0,00	114.96	327.80	13673.05	23910.71	1661104.38	2467635.91	-806531.53
838+3,99	65.16	244.14	5762.67	18298.71	1666867.05	2485934.62	-819067.57
840+0,00	130.82	172.77	3528.82	7506.89	1670395.87	2493441.51	-823045.64
841+3,99	138.38	279.46	3228.79	5424.04	1673624.66	2498865.55	-825240.89
843+15,91	129.23	273.80	6947.59	14363.68	1680572.26	2513229.24	-832656.98
845+0,00	148.28	335.59	3342.36	7339.63	1683914.62	2520568.86	-836654.24
846+7,84	174.84	335.24	4497.17	9336.38	1688411.79	2529905.25	-841493.46
849+7,84	172.24	188.77	10412.58	15720.20	1698824.37	2545625.45	-846801.08
850+0,00	150.74	141.10	1964.50	2006.36	1700788.87	2547631.81	-846842.94
855+0,00	329.95	29.21	24034.61	8515.23	1724823.48	2556147.04	-831323.56
860+0,00	53.11	48.95	19152.70	3907.89	1743976.18	2560054.93	-816078.75
865+0,00	189.17	12.15	12113.56	3054.92	1756089.74	2563109.85	-807020.11
866+11,49	155.72	2.70	5430.48	233.85	1761520.22	2563343.70	-801823.48
869+11,49	17.94	30.58	5209.54	998.39	1766729.76	2564342.09	-797612.33
870+0,00	17.81	28.84	152.08	252.76	1766881.84	2564594.86	-797713.01
872+4,61	16.14	14.15	757.43	958.82	1767639.28	2565553.67	-797914.40
874+17,73	12.79	5.15	768.41	512.66	1768407.68	2566066.33	-797658.64
875+0,00	12.67	5.20	28.92	11.77	1768436.60	2566078.10	-797641.49
877+17,73	15.80	14.48	821.75	567.98	1769258.36	2566646.08	-797387.72
880+0,00	4.20	15.75	422.91	638.85	1769681.26	2567284.93	-797603.67
885+0,00	17.66	12.61	1092.93	1417.85	1770774.20	2568702.78	-797928.59
890+0,00	15.86	140.16	1675.84	7638.56	1772450.04	2576341.34	-803891.30
895+0,00	93.83	5.02	5484.41	7259.41	1777934.45	2583600.75	-805666.30
900+0,00	16.31	207.38	5506.92	10620.37	1783441.37	2594221.12	-810779.75
900+18,57	8.76	243.61	232.76	4186.52	1783674.12	2598407.64	-814733.52
903+18,57	93.06	97.72	3054.52	10240.14	1786728.65	2608647.78	-821919.13
904+16,43	177.57	107.66	2417.21	1834.41	1789145.86	2610482.19	-821336.33
905+0,00	192.56	111.65	660.84	391.56	1789806.70	2610873.75	-821067.05
905+14,29	226.15	135.23	2992.24	1764.31	1792798.94	2612638.06	-819839.12
908+14,29	149.89	394.57	11281.03	15893.88	1804079.98	2628531.94	-824451.96
910+0,00	97.65	375.13	3181.70	9893.36	1807261.68	2638425.30	-831163.62
915+0,00	43.77	296.82	7071.01	33597.16	1814332.69	2672022.46	-857689.77
920+0,00	157.80	164.32	10078.66	23056.73	1824411.34	2695079.19	-870667.85
925+0,00	274.69	0.29	21624.41	8230.56	1846035.75	2703309.75	-857274.00
930+0,00	209.14	80.96	24191.13	4062.47	1870226.88	2707372.22	-837145.34

935+0,00	173.70	86.18	19141.97	8356.59	1889368.85	2715728.81	-826359.96
940+0,00	177.70	77.28	17570.16	8172.91	1906939.00	2723901.72	-816962.71
945+0,00	128.29	32.47	15299.37	5487.67	1922238.38	2729389.38	-807151.00
950+0,00	115.78	24.19	12203.21	2833.08	1934441.59	2732222.46	-797780.87
952+15,94	104.52	23.72	6161.20	1340.03	1940602.78	2733562.48	-792959.70
955+0,00	24.98	1.43	2853.19	554.20	1943455.98	2734116.69	-790660.71
955+15,94	35.68	0.17	483.34	12.80	1943939.32	2734129.49	-790190.17
960+0,00	77.15	51.52	4742.56	2172.64	1948681.88	2736302.13	-787620.25
960+8,26	76.82	56.19	635.64	444.63	1949317.51	2736746.76	-787429.24
965+0,00	12.68	18.91	4105.69	3444.83	1953423.21	2740191.59	-786768.38
965+0,58	12.63	19.03	7.30	10.94	1953430.51	2740202.52	-786772.02
968+0,58	32.03	9.58	1339.72	858.35	1954770.23	2741060.87	-786290.64
970+0,00	116.59	33.96	2929.41	858.23	1957699.64	2741919.11	-784219.47
975+0,00	48.75	73.19	8266.90	5357.78	1965966.54	2747276.89	-781310.35
980+0,00	185.09	80.11	11692.12	7665.23	1977658.66	2754942.12	-777283.46
985+0,00	125.70	4.50	15539.56	4230.42	1993198.21	2759172.54	-765974.33
990+0,00	167.25	121.86	14647.71	6318.13	2007845.93	2765490.68	-757644.75
992+16,72	204.83	66.98	10552.56	5355.73	2018398.48	2770846.41	-752447.93
995+0,00	184.56	45.96	8426.06	2443.82	2026824.54	2773290.23	-746465.69
995+16,72	191.00	83.16	3139.95	1079.51	2029964.49	2774369.74	-744405.25
1000+0,00	58.76	73.99	10399.89	6543.57	2040364.38	2780913.30	-740548.92
1005+0,00	19.80	113.39	3928.21	9369.08	2044292.59	2790282.39	-745989.80
1007+11,07	9.03	246.29	736.05	9184.10	2045028.64	2799466.48	-754437.85
1010+0,00	8.83	187.55	436.97	10614.21	2045465.61	2810080.70	-764615.09
1015+0,00	7.98	28.68	840.61	10811.62	2046306.22	2820892.31	-774586.09
1020+0,00	11.32	1.82	251.41	16.34	2047887.43	2822151.32	-774263.89
1022+5,42	23.80	18.72	797.52	466.43	2048684.95	2822617.75	-773932.80
1025+0,00	116.48	41.29	3828.83	1637.59	2052513.78	2824255.34	-771741.56
1030+0,00	72.96	28.99	9472.45	3513.84	2061986.23	2827769.18	-765782.96
1035+0,00	8.99	134.84	4097.51	8191.76	2066083.73	2835960.95	-769877.21
1040+0,00	11.86	64.90	1042.22	9987.02	2067125.95	2845947.96	-778822.01
1045+0,00	57.72	73.43	3478.78	6916.28	2070604.73	2852864.24	-782259.52
1050+0,00	216.08	85.48	13690.06	7945.61	2084294.79	2860809.85	-776515.06
1055+0,00	203.24	3.48	20966.21	4448.20	2105261.01	2865258.05	-759997.04
1060+0,00	48.07	58.81	12565.45	3114.64	2117826.46	2868372.69	-750546.23
1065+0,00	48.10	195.11	4808.51	12696.20	2122634.97	2881068.89	-758433.92
1070+0,00	24.49	104.00	3629.76	14955.44	2126264.73	2896024.32	-769759.60
1074+2,36	9.71	0.22	1408.47	4291.89	2127673.20	2900316.22	-772643.01