

O IMPACTO DO ESTUDO GEOTÉCNICO NOS SERVIÇOS DE TERRAPLENAGEM – ESTUDO DE CASO

THE IMPACT OF GEOTECHNICAL STUDY ON EARTHMOVING SERVICES – CASE STUDY

Celso da Silva Mafra Júnior ¹

Sarah Ribeiro Marcondes ²

Tamily Roedel ³

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo principal realizar um comparativo entre duas soluções de projeto de terraplenagem, sendo a primeira seguindo as instruções do manual de implantação básica de rodovia do DNIT, e a segunda baseada na resistência que o solo da área demonstrou com base em estudo já realizado. O local escolhido para realização deste trabalho foi no bairro Cedro Grande em Brusque–SC, onde havia um estudo de cisalhamento de solo e avaliações de estabilidade para variados tipos de inclinação, realizados por um egresso do Centro Universitário de Brusque - UNIFEBE, o qual apontou que para esse solo o estudo mostrou que possui ótima resistência ao cisalhamento, apresentando estabilidade até mesmo para a inclinação máxima testada de 60 graus. Os métodos utilizados para realização deste trabalho foram o estudo de caso e quantitativa, cujos dados obtidos para comparação dos resultados e discussões foram retirados das simulações realizadas com os métodos de terraplenagem citados. Diante disso, comparou-se os resultados obtidos do desenvolvimento dos projetos de terraplenagem, utilizando-se o software AutoCAD Civil 3D 2022 e fez-se um breve levantamento de custos, para se ter uma base de quão significativo o estudo geotécnico pode ser para os serviços de terraplenagem, sendo para este estudo de caso mais vantajoso. Dessa forma, pode-se concluir que além da maior segurança que o estudo geotécnico pode trazer para a execução de serviços de terraplenagem, pode ser muito útil para definição do melhor aproveitamento da área e maior valorização também.

Palavras-chave: Terraplenagem; corte; aterro.

ABSTRACT: *The aim of this work is to compare two earthwork design solutions, the first following the instructions of the DNIT basic highway implementation manual, and the second based on the resistance that the soil in the area demonstrated based on a study already carried out. The location chosen for this work was the Cedro Grande neighborhood in Brusque–SC, where there was a soil shear study and stability assessments for various types of slopes, carried out by a graduate of the Brusque University Center - UNIFEBE, who pointed out that for this soil the study showed that it has excellent shear resistance, presenting stability even for the maximum tested slope of 60 degrees. The methods used to carry out this work were the case study and quantitative, where the data obtained for comparison of the results and discussions were*

¹ Mestre. UNIFEBE. E-mail: celso.mafra@unifebe.edu.br.

² Engenheira Civil, UNIFEBE. E-mail: sarah.marcondes@unifebe.edu.br

³ Doutora. UNIFEBE. E-mail: tamily.roedel@unifebe.edu.br

taken from the simulations carried out with the earthwork methods mentioned. In view of this, the results obtained from the development of earthwork projects using AutoCAD Civil 3D 2022 software were compared and a brief cost survey was carried out to have a basis for how significant the geotechnical study can be for earthwork services, being more advantageous for this case study. Thus, we concluded that to the greater security that the geotechnical study can bring to the execution of earthwork services, it is beneficial for defining the best use of the area and better appreciation as well.

Keywords: *earthworks; cutting; landfill.*

1 INTRODUÇÃO

As operações de terraplenagem ou estruturas de terra são realizadas quando é necessário alterar a topografia existente. Elas abrangem escavações e aterros e são mais comumente realizadas em obras rodoviárias, como cortes e aterros, mas também podem compreender o nivelamento de terrenos, como em propriedades industriais ou habitacionais, e a escavação e o reaterro de pedreiras, valas e fundações (Barnes, 2016).

A terraplenagem é considerada o ponto de partida de uma construção, pois a partir dela pode-se preparar o solo para receber a estrutura de uma obra, sendo assim, ela deve ser bem planejada de modo a garantir um terreno sólido e estável.

Um terreno inclinado pode se tornar instável se as forças de gravidade que atuam na massa do solo excederem a resistência ao cisalhamento existente na base da massa e dentro dela. Em vista disso, ocorrerá o movimento descendente da massa de solo. As consequências podem ser catastróficas para a vida e para propriedades se houver edificações abaixo ou acima do talude (Barnes, 2016).

Considerando a variedade de solos encontrados no município de Brusque, o egresso da UNIFEBE Seidler (2017) realizou um estudo geotécnico a fim de verificar a resistência ao cisalhamento do solo de um talude localizado no bairro Cedro Grande, estudo este usado como parâmetro para realização do comparativo entre os projetos de terraplenagem apresentados neste artigo.

Segundo a conclusão dos estudos realizados por Seidler (2017), “[...] o solo possui uma boa resistência ao cisalhamento, se mostrando estável até mesmo para a inclinação máxima testada de 60 graus”.

A pesquisa teve como objetivo geral realizar um estudo comparativo entre duas soluções de projeto de terraplenagem, sendo a primeira seguindo as instruções do manual de implantação básica de rodovia do DNIT, e a segunda baseada na resistência que o solo da área demonstrou a partir de estudo já realizado.

Não obstante, segue a lista de objetivos específicos:

- Obter as informações topográficas e geológicas;
- Tratar os dados de modo preliminar;
- Simular o projeto de terraplenagem conforme as duas soluções, utilizando o software AutoCAD Civil 3D 2022;
- Comparar os resultados das simulações.

Atualmente, é aceito nos órgãos competentes para aprovação de terraplenagem, [...] um talude máximo de 1:1 (V:H) e, para os aterros compactados, a inclinação máxima de 2:3(V:H), [...]. (DNIT, 2010).

Porém, nota-se que ao adotar essa inclinação, em alguns casos em terrenos onde a topografia do terreno é consideravelmente acidentada, perde-se muita área útil, ou seja, após o projeto de terraplenagem, resta pouca área a ser realmente usufruída.

Devido a isso, entende-se que, dependendo do porte da obra e grau de risco, é interessante realizar o estudo geotécnico que apresente a resistência ao cisalhamento e o grau de inclinação que o solo em questão suporta, para que se possa ter um melhor aproveitamento do terreno, sem interferir na segurança dos que habitam nele e na sua volta. Esse fator é o que justifica a pesquisa na totalidade.

Vale ressaltar que nem sempre adotar a inclinação de 1:1 significa que o solo estará estável, podendo assim após a realização do estudo geotécnico, obter resultados que indiquem que o talude deverá ter uma inclinação inferior a 45°. Devido a isso, reitera-se que o estudo geotécnico não só poderá melhorar a área útil do terreno, como também poderá diminuí-la, pois, o seu objetivo é informar qual será o aproveitamento mais seguro para o solo analisado.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 PROJETO DE TERRAPLENAGEM

Para Costa (2015), a terraplenagem é a operação destinada a conformar o terreno existente aos gabaritos definidos em projeto. De maneira geral, ela engloba os serviços de corte (escavação de materiais) e de aterro (deposição e compactação de materiais escavados).

Conforme a FUNDEMA (2014), é o conjunto de operações de escavação, carga, transporte, descarga, compactação e acabamento executados a fim de passar-se de um terreno no seu estado natural para uma nova conformação topográfica desejada.

Para cumprir o seu objetivo, o projeto de terraplenagem compreende a geração das seções transversais de cortes e aterros, o cálculo dos volumes dos materiais escavados e aterrados, a escolha dos locais apropriados para seus depósitos, o cálculo das distâncias de transporte e a análise do tratamento a ser dado aos materiais, para garantir as estabilidades das estruturas construídas (Pimenta, 2017).

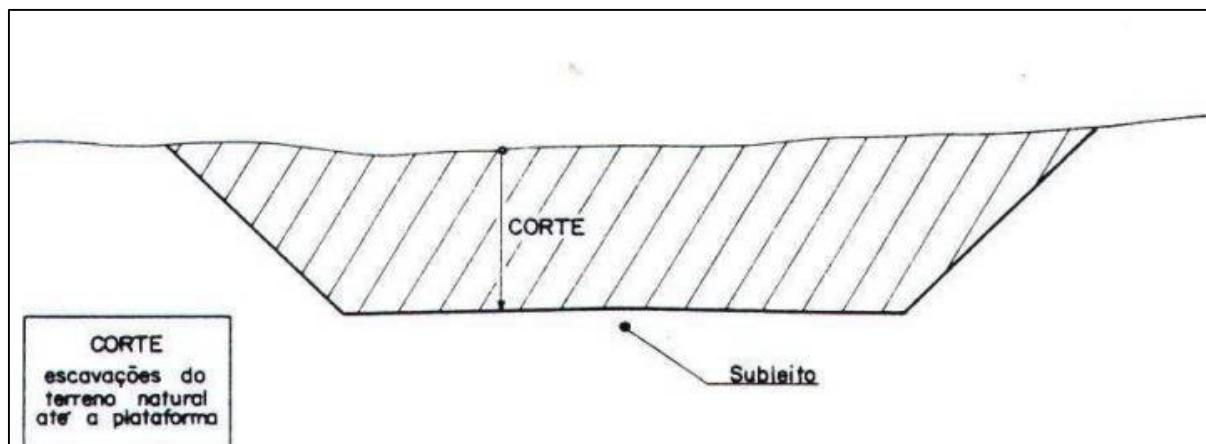
2.1.1 Cortes

Segmentos de rodovia, em que a implantação requer a escavação do terreno natural, ao longo do eixo e no interior dos limites das seções do projeto (“Off sets”) que definem o corpo estradal, o qual corresponde à faixa terraplenada. (DNIT, 2009).

De acordo com Costa (2015), as operações de corte compreendem:

- Escavação dos materiais constituintes do terreno natural até a plataforma de terraplenagem definida pelo projeto (Figura 1);

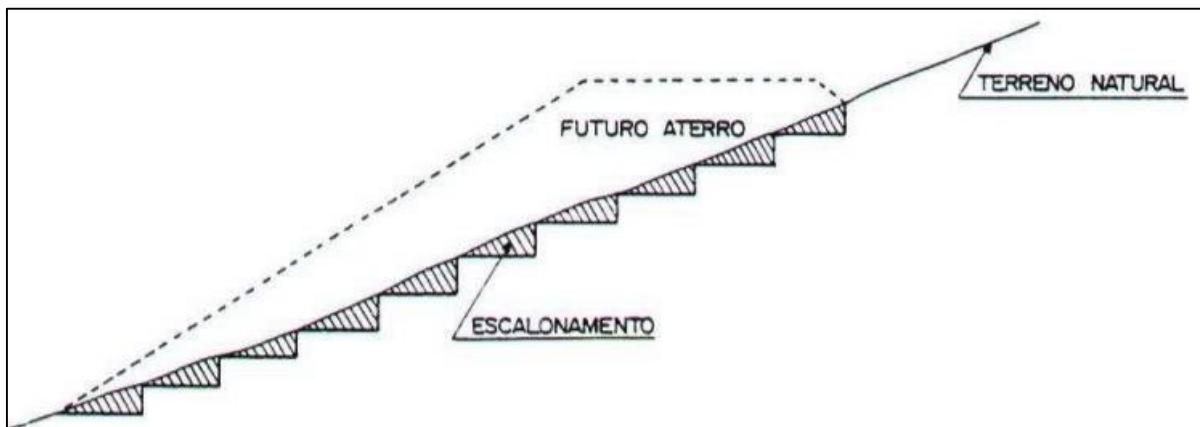
Figura 1 - Corte



Fonte: Costa (2015).

- Escavação nos terrenos de fundação de aterros com declividade excessiva (comuns nos alargamentos de aterros existentes) para esses proporcionarem condições para trabalho dos equipamentos e estabilidade às camadas a serem sobrepostas (Figura 2);

Figura 2 - Escalonamento



Fonte: Costa (2015).

- Alargamentos além do necessário em algumas porções de cortes para possibilitar a utilização de equipamentos normais (comuns nos casos de escavações em cortes já existentes);
- Transporte dos materiais escavados para aterros ou bota-foras.

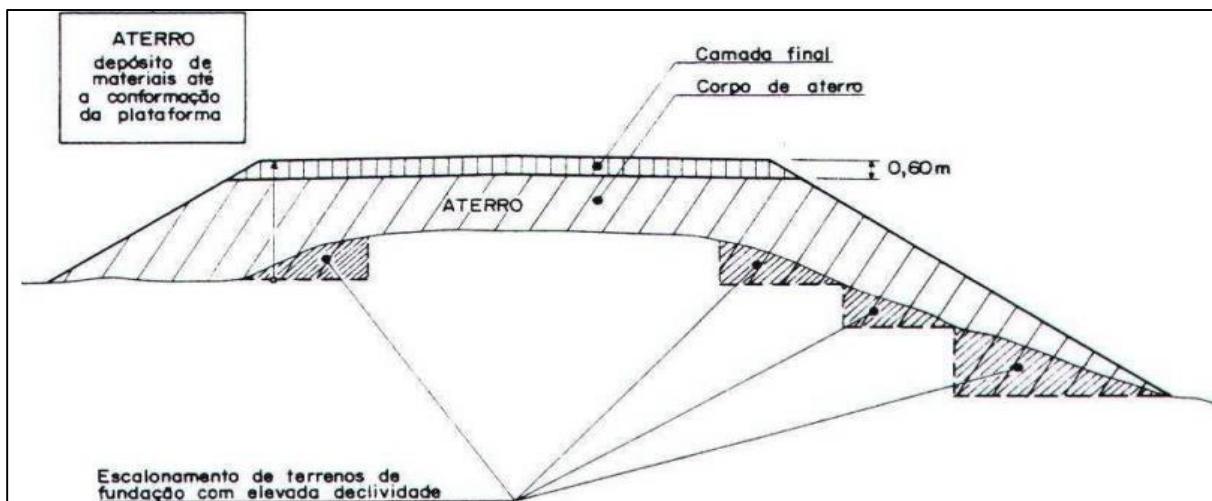
2.1.2 Aterros

Segundo Barnes (2016), aterros constituem uma camada artificial de material depositado ou despejado sobre solo natural.

Pode ser:

- Uma obra cuidadosamente controlada, feita de material adequado, espalhado e compactado em camadas para formar um aterro projetado; ou
- Um material aleatório e variável formado pelo despejo de vários resíduos, tais como: rejeitos de escavação, entulho de demolição, lixo doméstico e subprodutos da indústria.

Figura 3 - Aterro



Fonte: Costa (2015).

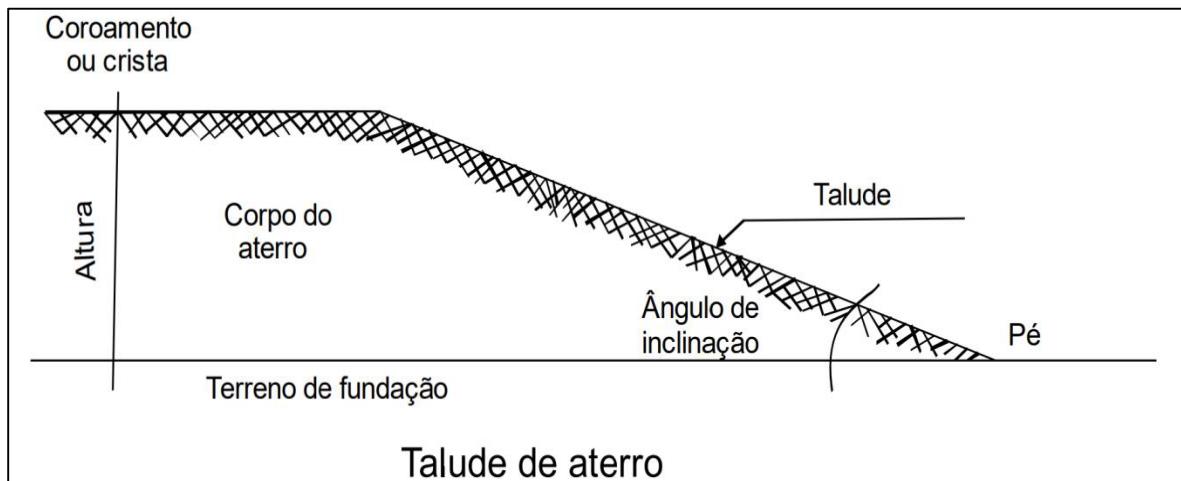
2.1.3 Taludes

O talude de aterro é o resultado da deposição de solo com características específicas do projeto. Esse tipo de talude é composto pelas seguintes partes:

- **Crista ou coroamento**: parte mais alta do talude;
- **Pé**: parte mais baixa do talude, onde inicia a sua base;
- **Altura**: Comprimento vertical do talude (diferença de cota entre o pé e a crista);
- **Ângulo de inclinação**: formado entre a horizontal e a reta média entre o pé e a crista;
- **Corpo do Aterro**: material depositado e compactado segundo as especificações de projeto.

Conforme o DNIT (2009), superfície inclinada do terreno natural, de um corte ou de um aterro, conforme as figuras abaixo:

Figura 4 - Talude de aterro

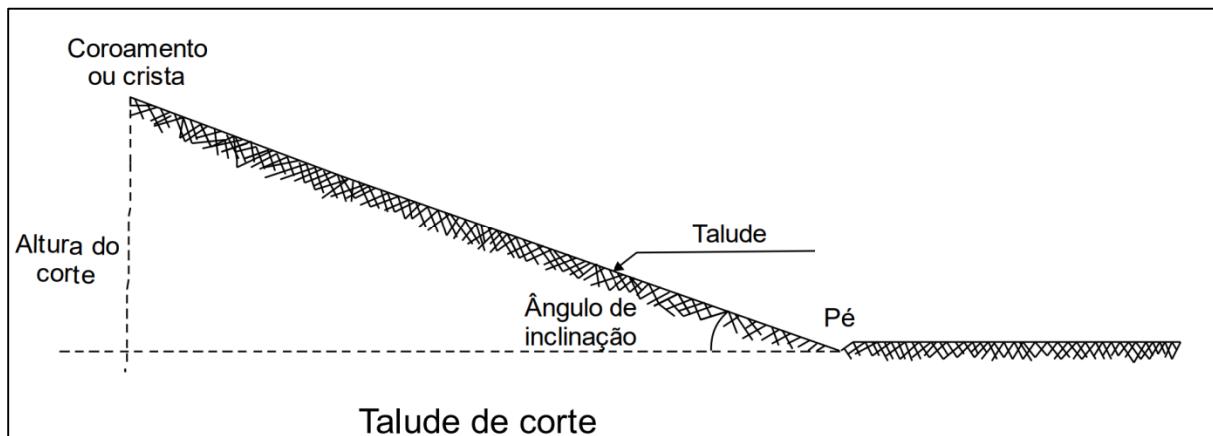


Fonte: Norma DNIT 106/2009 – ES (2009).

O talude de corte é aquele que se formou por meio de um processo de corte, ou seja, de retirada de material. Esse talude é composto pelas seguintes partes:

- Crista ou coroamento: parte mais alta do talude;
- Pé: parte mais baixa do talude, onde inicia a sua base;
- Altura do corte: Comprimento vertical do talude (diferença de cota entre o pé e a crista), o qual é definido em projeto;
- Ângulo de inclinação: formado entre a horizontal e a reta média entre o pé e a crista, definido em projeto;
- Corpo: a parte interna do talude, cuja constituição é estudada por Engenheiros e Geólogos, no que diz respeito ao tipo de material e as suas propriedades.

Figura 5 - Talude de corte



Fonte: Norma DNIT 106/2009 – ES (2009).

2.1.3 Bota-fora

Segundo o DNIT (2009), o bota-fora é um material de escavação dos cortes, não aproveitado nos aterros, devido à sua má qualidade, ao seu volume, ou à excessiva distância de transporte, e é depositado fora da plataforma da rodovia, de preferência nos limites da faixa de domínio, quando possível. Local do bota-fora é o lugar estabelecido para depósito de materiais inservíveis.

2.1.4 Empréstimos

Para Costa (2015), os empréstimos são escavações efetuadas em locais previamente definidos para a obtenção de materiais destinados à complementação de volumes necessários para aterros, quando houver insuficiência de volume nos cortes, ou por razões de ordem qualitativa de materiais, ou de ordem econômica (elevadas distâncias de transporte).

2.2 ESTUDO GEOTÉCNICO PARA TERRAPLENAGEM

A ABNT NBR 8044 (2018) descreve que o projeto geotécnico é definido como “o conjunto de documentos que englobam investigações geotécnicas, análises, interpretações, estudo, memória de cálculo e desenhos. Esses documentos têm grau de detalhamento, compatível com a fase de projeto, características e porte da obra, necessitando eventualmente de estudos geológicos”.

Para se alcançar os objetivos pretendidos, o projetista dispõe de diversos recursos, alguns sofisticados, outros nem tanto, que lhe permitem obter uma estimativa da dificuldade extractiva dos materiais. Esses recursos são as sondagens levadas a efeito durante o decurso dos Estudos Geotécnicos (Costa, 2015).

2.2.1 Relatório de Projeto Geotécnico

Esta é uma exigência que formaliza as considerações feitas, os dados utilizados, os métodos de cálculo e os resultados da verificação dos estados limites. O relatório deve descrever o modelo de solo, os efeitos sobre a obra proposta, além de justificar as considerações e os cálculos de projeto, fazer recomendações e identificar riscos (Barnes, 2016).

2.3 LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

A topografia é uma ciência que está ligada aos estudos da geometria aplicada. Tal estudo é importante para observar e resolver problemas ligados no campo, cujas soluções requerem associação prática do problema com a teoria (Borges, 1992).

Os levantamentos planialtimétricos são fundamentais para a visualização de acidentes geográficos e outras características sobre a superfície do relevo, evidenciando superfícies íngremes e planas, tais características fundamentais nas atividades de planejamento do uso desta superfície nos mapeamentos (Borges, 1992).

A elaboração de mapas planialtimétricos relacionados às áreas agrícolas e urbanas é fundamental, pois podem constituir um elemento básico das características do relevo. Na sua utilização, pode-se destacar o planejamento de atividades, uso do solo e as suas capacidades de uso, elaborar práticas conservacionistas e prevenção de riscos (Stein, 1999).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A pesquisa realizada para o desenvolvimento deste trabalho foram os métodos de estudo de caso e quantitativa.

O estudo de caso consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita o seu amplo e detalhado conhecimento, tarefa praticamente impossível mediante outros tipos de delineamentos (Gil, 2019).

É uma ferramenta utilizada para entendermos a forma e os motivos que levaram a determinada decisão. Conforme Yin (2001), o estudo de caso é uma estratégia de pesquisa que compreende um método que abrange tudo em abordagens específicas de coletas e análise de dados.

Já a pesquisa quantitativa [...] defende a ideia da existência de uma realidade externa que pode ser analisada de forma objetiva, cujos resultados da pesquisa podem ser reproduzidos e generalizados, sendo possível a obtenção de verdades universais (Hayati; Karami; Slee, 2006).

3.2 POPULAÇÃO E AMOSTRA

A população estudada foram os taludes em solo do município de Brusque–SC, cuja amostra foi de um talude localizado na Rua Octaviano Rosa, com as seguintes coordenadas: -27.197183, -48.984089, conforme Figura 6.

Figura 6 - Localização da amostra coletada



Fonte: Google Earth (2022).

3.3 INSTRUMENTOS DA PESQUISA

O instrumento utilizado para esta pesquisa foi um estudo geotécnico de avaliação de estabilidade de encostas realizado por Seidler (2017).

3.4 PROCEDIMENTOS DA PESQUISA

Os procedimentos da pesquisa foram feitos com um estudo comparativo. Nesse estudo, primeiramente foram levantadas as informações obtidas pelo Seidler (2017), com os parâmetros de resistências calculados para o talude localizado na Rua Octaviano Rosa, em Brusque-SC, conforme dados informados no Quadro 1:

Quadro 1 - Dados obtidos através das simulações do software MacStars

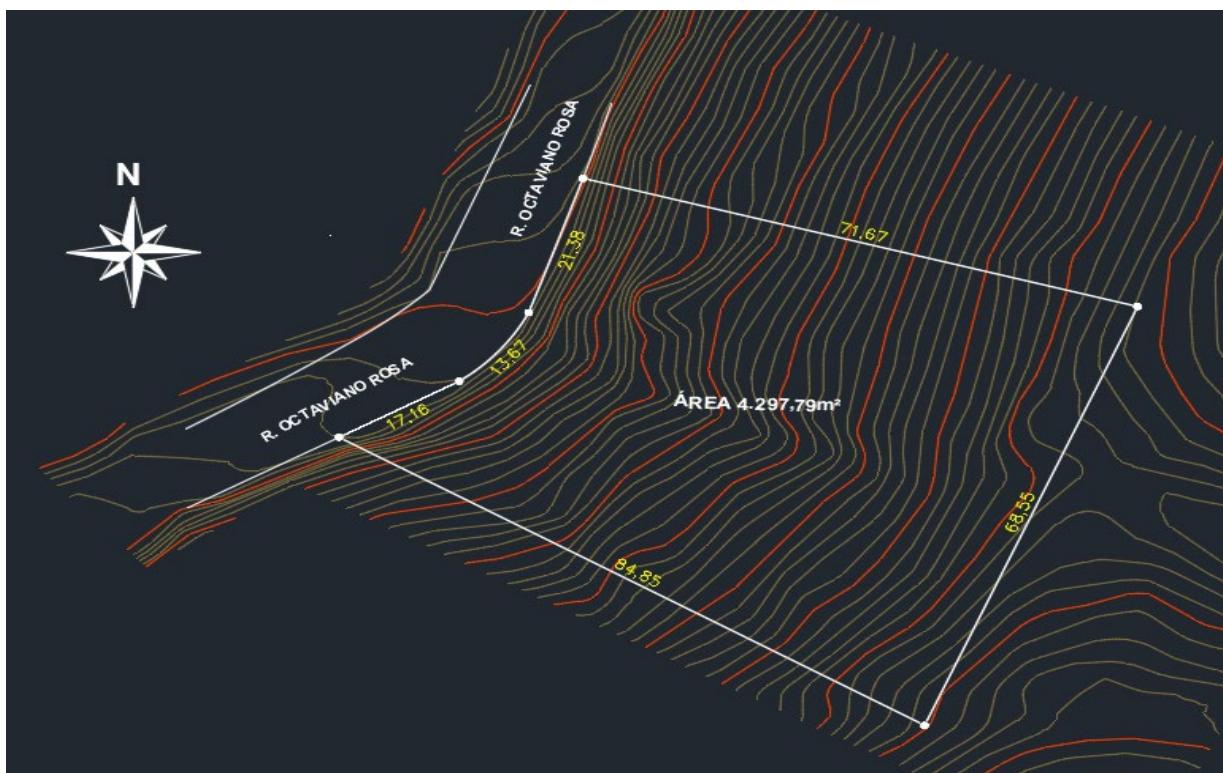
Teste	Inclinação	Presença de bancada de 1,5m	Presença do N/A	Fator de segurança mínimo obtido
01	45°	Não	Não	2,850
02	45°	Não	Sim	2,660
03	45°	Sim	Não	3,284
04	45°	Sim	Sim	3,069
05	60°	Não	Não	2,400
06	60°	Não	Sim	2,119

Fonte: Seidler (2017).

Com base nos resultados de Seidler, verificou-se que, mesmo com a presença de água, o talude com inclinação de 60° ainda assim tem um fator de segurança mínimo de 2,119, o qual está acima de 1,5 sugerido pela NBR 11682/1991.

Após, fez-se a solicitação das curvas de níveis dessa localidade à Prefeitura Municipal de Brusque, a qual forneceu os dados para fins somente de estudo, a fim de viabilizar essa comparação entre os métodos expostos no início deste artigo, visto que sem essas informações não seria possível realizar este trabalho.

Figura 7 - Curvas de nível terreno natural e delimitação da área a ser terraplenada



Fonte: Prefeitura Municipal de Brusque (2022).

Com os dados necessários em mãos, fez-se os projetos de terraplenagem, para comparar o impacto que os métodos aplicados podem gerar sobre o mesmo local.

Foi delimitada uma área de 4.297,79 m² conforme perímetro mostrado na Figura 7, a qual possui uma frente em três seguimentos, sendo a primeira com 17,16 m, a segunda em curva com 13,67 m e a terceira com 21,38 m. Lateral direita com 71,67 m. Lateral esquerda com 84,85 m e fundos com 68,55 m.

Como não havia delimitação exata do terreno do ponto de coleta estudado por Seidler, utilizou-se a localização informada no seu estudo. Com isso, deu-se um comando de *offset* no software utilizado no desenvolvimento do projeto, para ambos os lados de 26,10 m, de modo que o projeto de terraplenagem fosse desenvolvido em igualdade para ambos os lados da amostra. Tomou-se esse parâmetro para *offset*, pois a ideia era propor uma área útil igual ou superior à área de lote mínimo exigido pela Legislação Municipal, a qual hoje se encontra em 240,00 m². Na inclinação de pior caso, para este estudo em específico, seria necessária uma área de 4.297,79 m².

Na Figura 8, mostra-se, para melhor entendimento espacial, a área utilizada para desenvolvimento dos projetos de terraplenagem, na cor vermelha.

Figura 8 - Delimitação da área utilizada para desenvolvimento dos projetos de terraplenagem



Fonte: Google Earth (2022).

O primeiro projeto desenvolvido foi com a inclinação de 45°. Os parâmetros utilizados para inserção dos dados no software AutoCAD Civil 3D 2022 foram:

- Talude de corte 1:1 = inclinação de 45°;
- Banquetas a cada 10 metros de talude, conforme manual de implantação básica de rodovia do DNIT;
- Banquetas com largura de 3 metros e inclinação de 2%, conforme manual de implantação básica de rodovia do DNIT;

O segundo projeto desenvolvido foi com a inclinação de 60°. Os parâmetros utilizados para inserção dos dados no software AutoCAD Civil 3D foram:

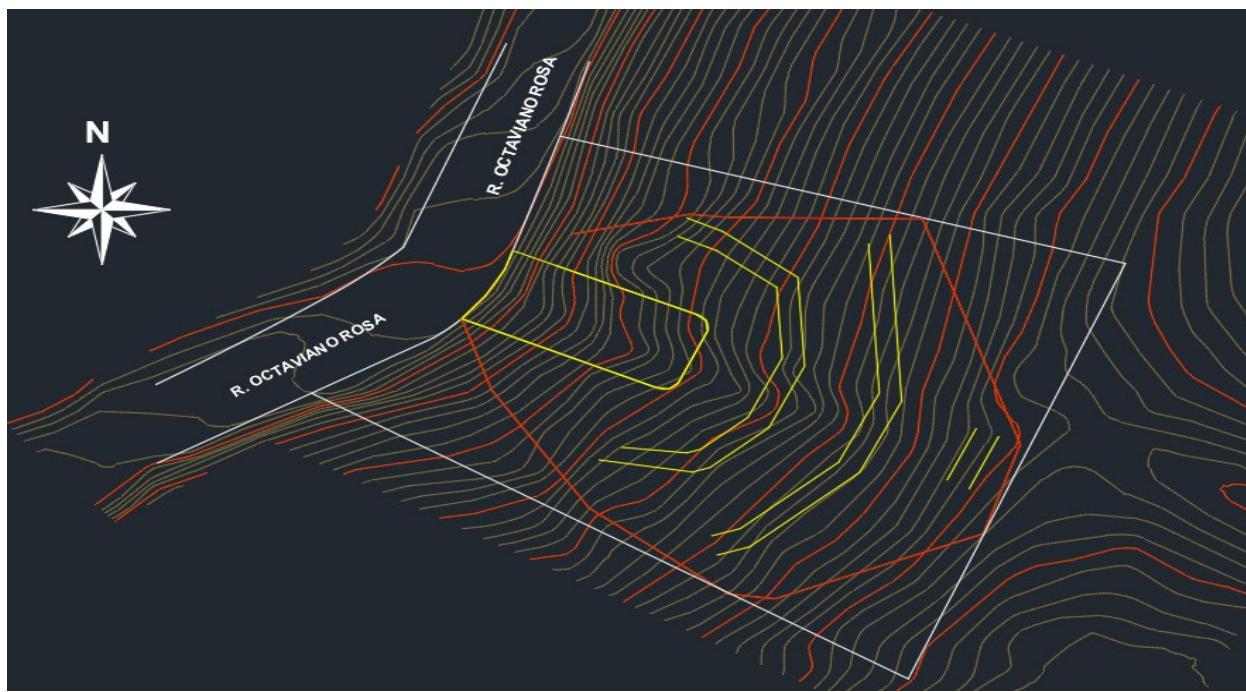
- Talude de corte 0.58:1 = inclinação de 60°;
- Banquetas a cada 10 metros de talude, conforme manual de implantação básica de rodovia do DNIT;
- Banquetas com largura de 3 metros e inclinação de 2%, conforme manual de implantação básica de rodovia do DNIT.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após o desenvolvimento do primeiro projeto, obteve-se os seguintes resultados:

- Área terraplenada: 2.911,59 m²;
- Corte: 15.449,48 m³;
- Aterro: 2,13 m³;
- Bota fora: 15.447,35 m³;
- Área útil: 323,86 m²;
- 3 taludes de 10 m;
- 1 talude de 4 m;
- 3 banquetas de 3 m;
- Curvas de nível modificadas conforme parâmetros inseridos no software AutoCAD Civil 3D.

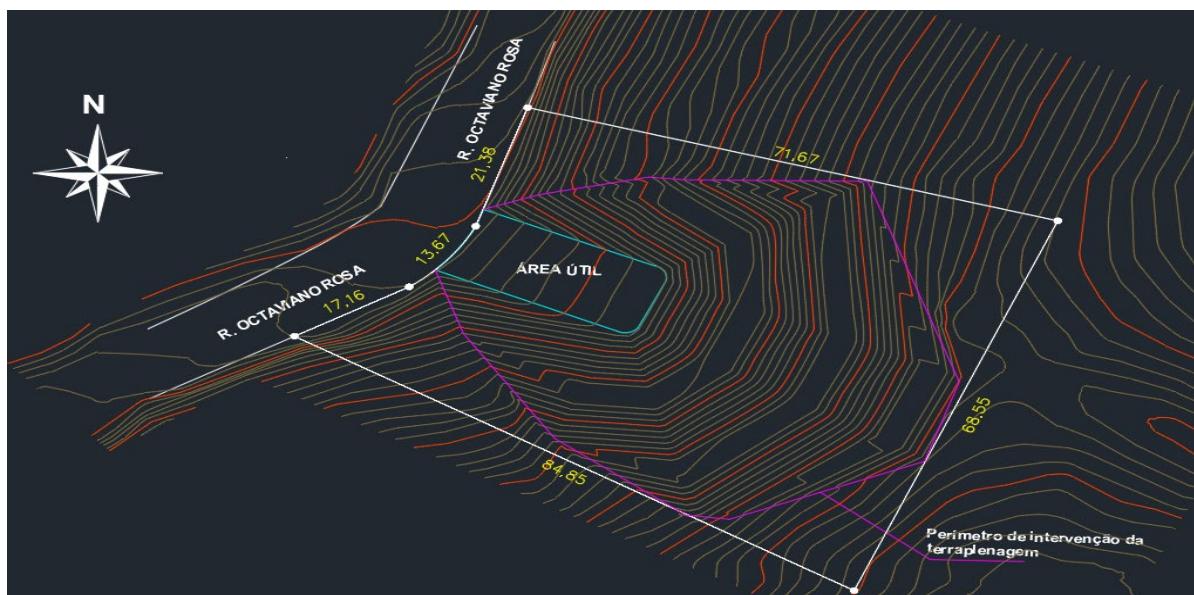
Figura 9: Projeção da área afetada pela terraplenagem, banquetas e delimitação da área útil



Fonte: Software AutoCAD Civil 3D 2022 (2022).

Na Figura 10 é representado o terreno com as curvas já alteradas pela terraplenagem projetada, indicando-se na cor magenta a delimitação da área afetada e na cor azul *cyan* a área útil obtida.

Figura 10 - Curvas de nível após projeção da terraplenagem inclinação 45º

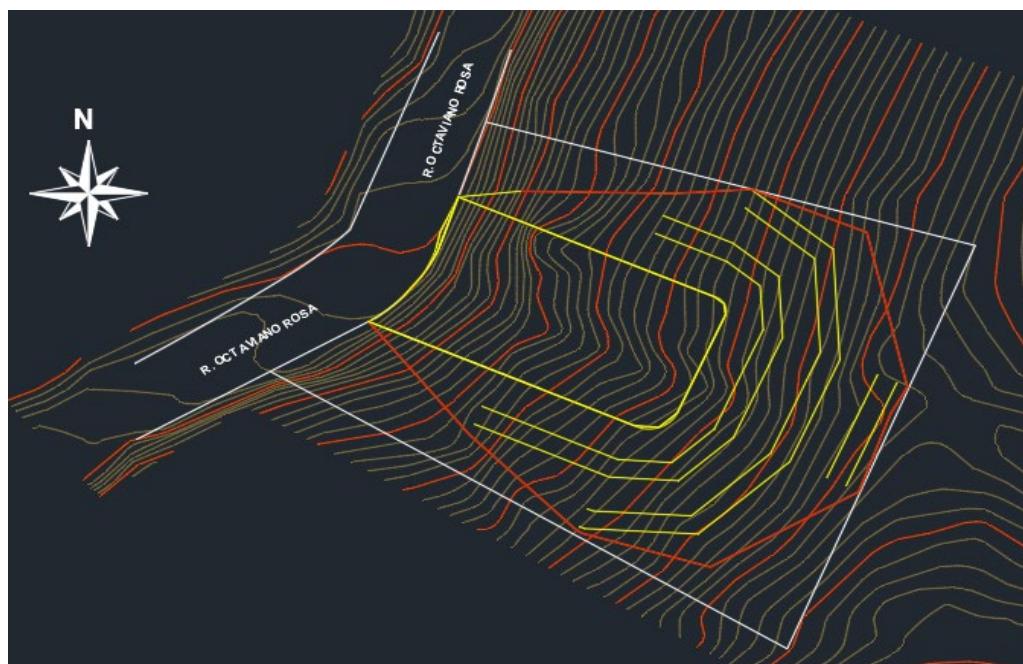


Fonte: Software AutoCAD Civil 3D 2022 (2022).

Após o desenvolvimento do segundo projeto, obteve-se os seguintes resultados:

- Área terraplenada: 3.221,23 m²;
- Corte: 28.228,03 m³;
- Aterro: 3,74 m³;
- Bota fora: 28.224,29 m³;
- Área útil: 964,63 m²;
- 3 taludes de 10 m;
- 3 banquetas de 3 m;
- Curvas de nível modificadas conforme parâmetros inseridos no software AutoCAD Civil 3D.

Figura 11 - Projeção da área afetada pela terraplenagem, banquetas e delimitação da área útil

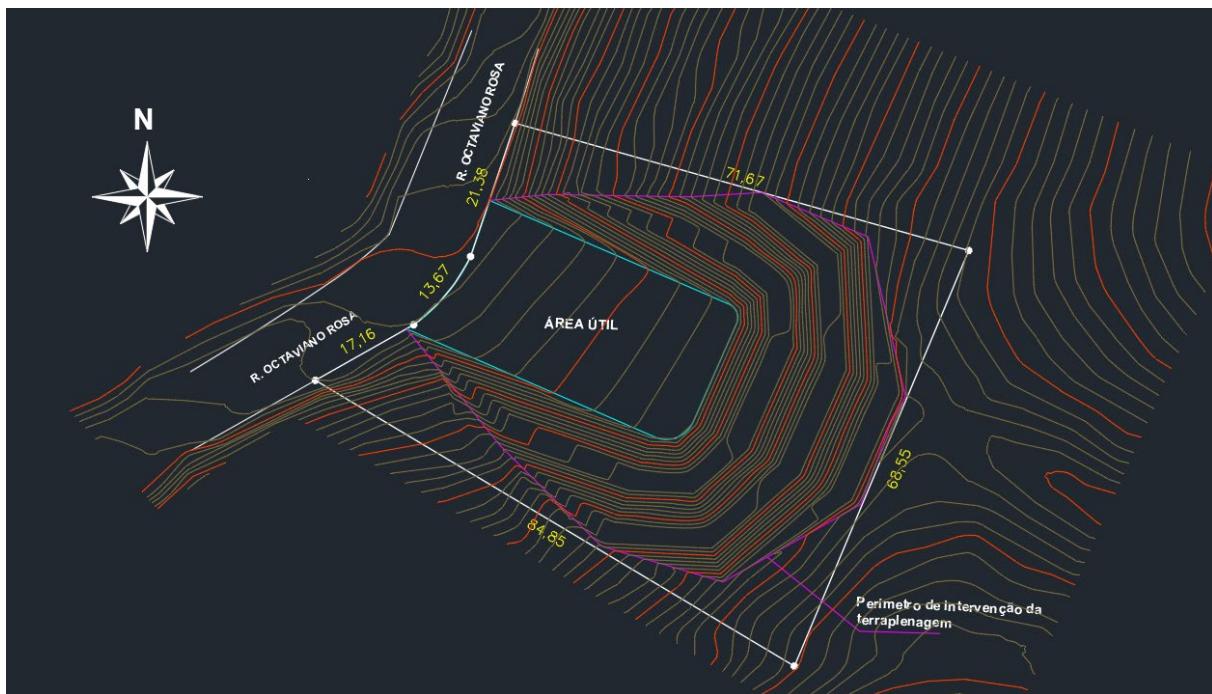


Fonte: Software AutoCAD Civil 3D 2022 (2022).

Na Figura 12, é representado o terreno com as curvas já alteradas pela terraplenagem projetada, indicando-se na cor magenta a delimitação da área afetada e na cor azul cyan a área útil obtida.

Nessa imagem já é possível notar a diferença expressiva de ganho referente à área útil, comparando os taludes de 45º e 60º.

Figura 12 - Curvas de nível após projeção da terraplenagem inclinação 60°



Fonte: Software AutoCAD Civil 3D 2022 (2022).

Com os resultados obtidos, fez-se uma planilha qualitativa para análise dos resultados entre os dois métodos aplicados.

Tabela 1 - Resultados

Inclinação do talude (°)	Área terraplenada (m ²)	Corte (m ³)	Aterro (m ³)	Bota fora (m ³)	Área útil obtida
45	2911,59	15449,48	2,13	15447,35	323,86
60	3221,23	28299,67	3,52	28296,15	964,63

Fonte: autor (2022).

Analizando os resultados, observa-se que o projeto realizado com 60° de inclinação obteve praticamente três vezes mais área útil do que o projeto realizado com 45° de inclinação.

Além de obter um melhor aproveitamento do terreno, a diferença entre um método e outro entre a área terraplenada foi de 309,64 m², o que de fato proporcionou um melhor aproveitamento do solo.

Levando-se em consideração que o volume de corte do projeto com inclinação de 60° foi maior, buscou-se então, de modo apenas para enriquecer este estudo, os valores do serviço de terraplenagem conforme a tabela SICRO.

A tabela do Sistema de Custos Referenciais de Obras – SICRO, contém todas as informações necessárias para a realização de orçamentos de obras e serviços no DNIT, tendo como objetivo estabelecer os melhores parâmetros para projeção desses orçamentos de projetos rodoviários e licitações de obras.

Segundo a última revisão da tabela SICRO (julho/2022), disponibilizada no site do Governo Federal referente ao Estado de Santa Catarina, obteve-se os seguintes parâmetros para o cálculo do serviço de terraplenagem para ambas as situações de projeto:

Tabela 2 - SICRO julho/2022 Santa Catarina

CGCIT		DNIT	
SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		Santa Catarina	FIC 0,03946
Custo Unitário de Referência		Julho/2022	Produção da equipe 243,82 m ³
5502827 Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria na distância de 3.000 m - caminho de serviço pavimentado - com carregadeira e caminhão basculante de 14 m ³			Valores em reais (R\$)
A - EQUIPAMENTOS		Quantidade	Utilização
			Operativa Improdutiva
E9667 Caminhão basculante com capacidade de 14 m ³ - 188 kW	6,00000	0,89	0,11
E9511 Carregadeira de pneus com capacidade de 3,40 m ³ - 195 kW	1,00000	1,00	0,00
E9541 Trator sobre esteiras com lâmina - 259 kW	1,00000	1,00	0,00
		Custo Horário Produtivo Improdutivo	
		320,9263 84,6969	
		403,6946 177,4478	
		821,4774 299,6794	
		Custo horário total de equipamentos 2.994,8184	
B - MÃO DE OBRA		Quantidade	Unidade
P9824 Servente	1,00000	h	
		Custo Horário 19,6986	
		Custo horário total de mão de obra 19,6986	
		Custo horário total de execução 3.014,5170	

Fonte: Governo Federal (2022).

Esses parâmetros foram escolhidos com base na realidade do entorno onde hipoteticamente será feita a obra de terraplenagem e com base nos volumes de bota fora e os volumes de produção da equipe listada na Tabela 2.

Com base nessas informações, obteve-se os seguintes resultados:

Tabela 3 - Valores do serviço de terraplenagem do bota fora

Inclinação do talude (°)	Área Bota fora (m ³)	Produção da equipe (m ³ /h)	Horas necessárias (h)	Custo total por hora (R\$)	Custo Final da obra (R\$)
45	15447,35	243,82	63,36	R\$ 3.014,52	R\$ 190.986,38
60	28296,15	243,82	116,05	R\$ 3.014,52	R\$ 349.845,07

Fonte: autor (2022).

Para se ter uma base para o estudo de caso em específico, se valeria a pena ou não realizar a execução do talude projetado com 60° de inclinação, a título de curiosidade, buscaram-se os valores do m² para venda de imóveis pronto para construção localizados no bairro Cedro Grande em Brusque–SC, onde os resultados obtidos foram através da realização da média entre os valores ofertados nesta região pelas imobiliárias de Brusque, o qual se chegou a um valor médio de R\$500,00 por m², obtendo-se, assim, os seguintes dados:

Tabela 4 - Valores do lucro líquido

Inclinação do talude (°)	Área útil obtida (m ²)	Valor de venda do imóvel (R\$)	Valor líquido lucro (R\$)
45	323,86	R\$ 161.930,00	-R\$ 29.056,38
60	964,63	R\$ 482.315,00	R\$ 132.469,93

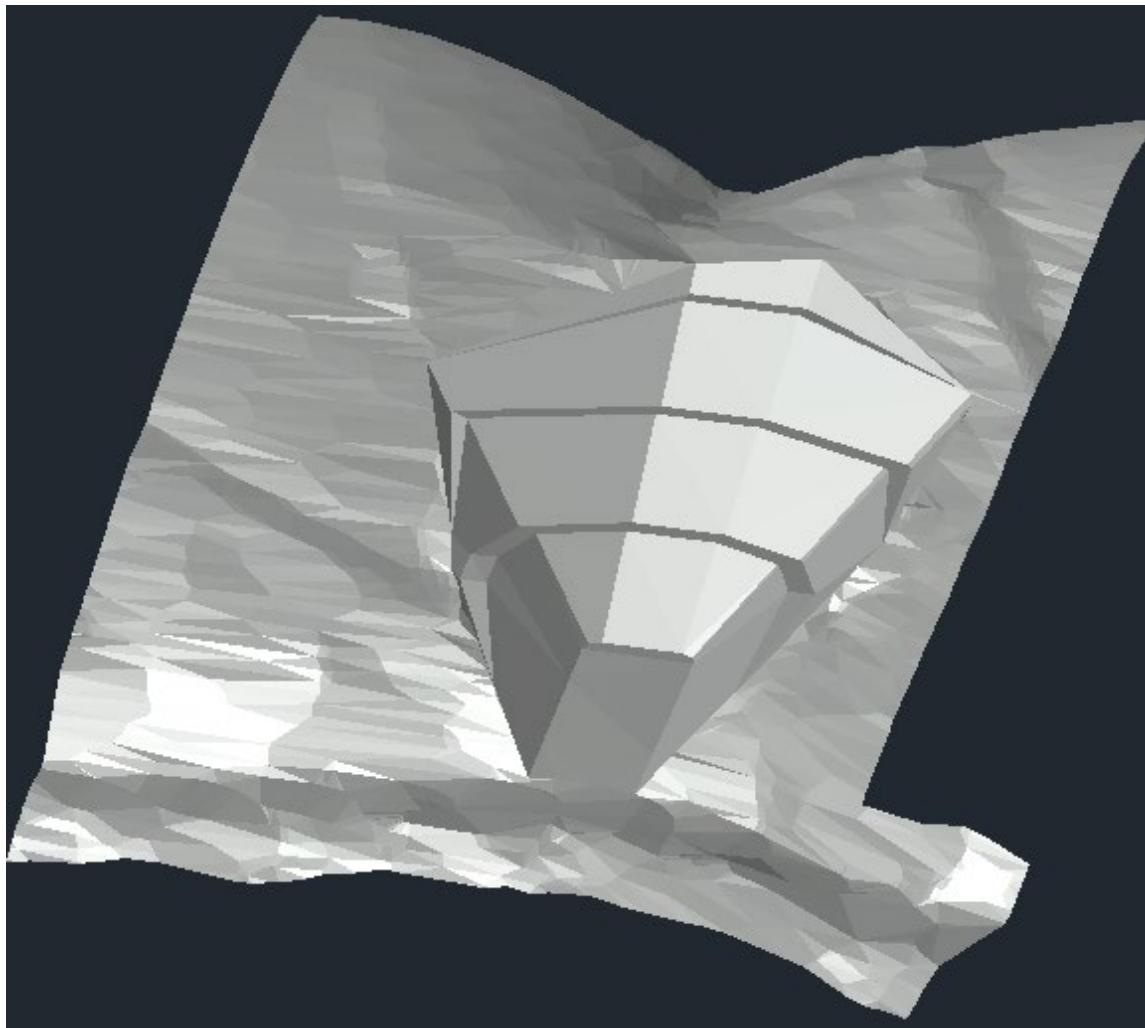
Fonte: autor (2022).

O software AutoCAD Civil 3D 2022, utilizado para elaboração dos projetos de terraplenagem, contém muitos recursos para facilitar o desenvolvimento destes e além de propor uma melhor experiência com visualizações tridimensionais do relevo estudado.

Para se obter uma comparação qualitativa visual das duas soluções de terraplenagem, nas Figuras 13 e 14, a seguir, observa-se o modelo tridimensional do solo estudado após a intervenção da terraplenagem.

Na Figura 13 consta a primeira proposta com o talude de inclinação de 45°, enfatizando a grande área de intervenção e pouca área útil.

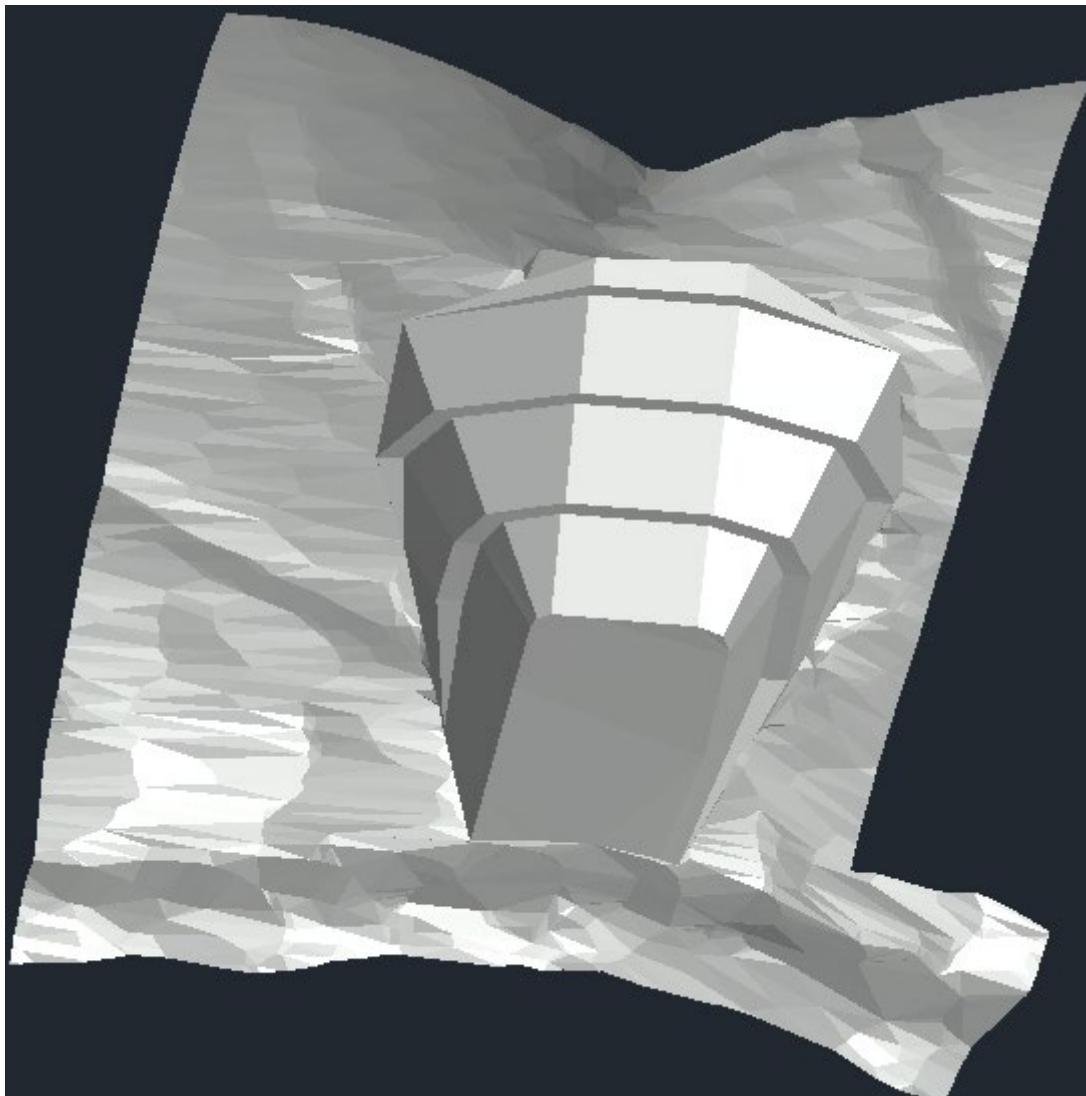
Figura 13: Modelo 3D da proposta de terraplenagem inclinação 45°



Fonte: Software AutoCAD Civil 3D 2022 (2022).

Na Figura 14 consta a segunda proposta com o talude de inclinação de 60°, enfatizando a grande área de intervenção, porém maior área útil.

Figura 14 - Modelo 3D da proposta de terraplenagem inclinação 60°



Fonte: Software AutoCAD Civil 3D 2022 (2022).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo realizar um estudo comparativo entre duas soluções de projeto de terraplenagem, sendo a primeira seguindo as instruções do manual de implantação básica de rodovia do DNIT; e a segunda, baseada na resistência que o solo da área demonstrou com base em estudo já realizado, a fim de confirmar o impacto que o estudo geotécnico pode acarretar nesse meio.

Os dados utilizados para a realização deste estudo de caso foram obtidos por meio da pesquisa realizada por Sleider, que dos seus resultados, verificou-se que o solo estudado tem uma ótima resistência ao cisalhamento, possibilitando assim realizar o projeto de terraplenagem com angulações diferentes do usual, e ainda assim permitir a segurança acima da qual é exigida por norma.

Ressalta-se que, da mesma maneira que este estudo pode comprovar que o solo em questão estudado pode continuar com estabilidade e segurança com um ângulo de inclinação maior do que o indicado por norma, o contrário também poderia ser uma verdade. Ou seja, o estudo poderia mostrar que o ângulo de inclinação para esse local em específico precisaria ser menor do que 45°. Por isso, o estudo geotécnico do solo é de extrema importância para a segurança de todos.

De modo geral, esse estudo possibilitou compreender a importância do estudo geotécnico, tanto para a segurança dos que irão habitar aquele espaço quanto para o ganho que pode trazer ao investidor daquela região.

Este tema é de bastante importância, ainda mais trazendo especificamente para Brusque-SC, que possui uma variedade muito grande de solo na sua composição e pode ser um exemplo e inspiração para futuros trabalhos acadêmicos.

Sugere-se que seja realizado o levantamento de custo mais aprofundado para essas duas situações de terraplenagem, com empresas locais para aferir os valores estimados, contemplando também dispositivos de drenagem, os quais não foram expostos neste estudo de caso, pois não era o objetivo do trabalho, mas não sendo menos importante a sua colocação.

Para este trabalho, foi utilizada a tabela SICRO por se tratar de uma tabela credenciada pelo DNIT, órgão cujas diretrizes foram usadas para o estudo dos projetos propostos.

Outra sugestão seria realizar uma avaliação do mercado imobiliário mais detalhada para estimar o valor real do lote de forma mais precisa, partindo do princípio de que os valores utilizados para uma breve contextualização deste trabalho foram definidos por meio de uma média dos valores atuais propostos por algumas das imobiliárias de Brusque/SC.

Como última sugestão e não menos importante, recomenda-se que sejam realizados mais ensaios de cisalhamento e novas simulações de estabilidade a fim de avaliar se os valores assumidos no trabalho valem para toda a área estudada.

Devido a isso, seria interessante ser realizado o estudo geotécnico de todas as áreas do município que passarão por parcelamento, uso e ocupação do solo, a fim de contribuir para a segurança da população, prevenindo deslizamentos indesejáveis e ocupação de áreas de risco, além de colaborar para aprovação mais eficiente do órgão público e aumentar o valor agregado ao qual o profissional está investindo.

REFERÊNCIAS

BARNES, Graham. **Mecânica dos Solos - Princípios e Práticas.** Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2016. E-book. ISBN 9788595155084. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595155084/>. Acesso em: 7 de set. 2022.

BORGES, A.C. **Topografia aplicada à engenharia civil.** São Paulo, Ed. Edgar Blücher Ltda, v.2. 232p. 1992.

COSTA, Roberto. Introdução à Terraplenagem. TT – 401 – Infraestrutura Viária. Paraná. 2015. Disponível em: <https://portalidea.com.br/cursos/terraplana/gem-apostila01.pdf>. Acesso em: 8 out. 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT – 104/2009. **Especificação de Serviço. Terraplenagem – Serviços preliminares.** Revisão da Norma DNER – ES 278/97. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/especificacao-de-servico-es/dnit_104_2009_es-1.pdf. Acesso em: 7 set. 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT – 105/2009. **Terraplenagem – Caminhos de Serviço. Especificação de Serviço.** Revisão da Norma DNER – ES 279/97. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/especificacao-de-servico-es/dnit105_2009_es.pdf. Acesso em: 7 set. 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT – 106/2009. **Terraplenagem –**

Cortes. Especificação de Serviço. Revisão da Norma DNER – ES 280/97. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquis/i/pr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/especificacao-de-servico-es/dnit_106_2009_es-1.pdf. Acesso em: 7 set. 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT – 107/2009. **Terraplenagem – Empréstimos. Especificação de Serviço.** Revisão da Norma DNER – ES 281/97. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/i/pr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/especificacao-de-servico-es/dnit_107_2009_es-1.pdf. Acesso em: 7 set. 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT – 108/2009. **Terraplenagem – Aterros. Especificação de Serviço.** Revisão da Norma DNER – ES 281/97. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/i/pr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/especificacao-de-servico-es/dnit_108_2009_es-1.pdf. Acesso em: 7 set. 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **IPR- 742: Manual de implantação básica de rodovia.** 3. ed. Rio de Janeiro, 2010. 617p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **ISF – 2011: Projeto de Terraplenagem.** Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/ferrovias/instrucoes-e->

procedimentos/instrucoes-de-servicos-ferroviarios/isf-211-projeto-de-terraplenagem.pdf. Acesso em: 7 de set. 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Sistemas de Custos: SICRO. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/custos-e-pagamentos/custos-e-pagamentos-dnit/sistemas-de-custos/sicro/sul/santa-catarina/2022/julho/julho-2022>. Acesso em: 29 de nov. 2022.

FUNDEMA, Fundação Municipal do Meio Ambiente. **Instrução Normativa nº 15**, (Versão Setembro/ 2014). Disponível em: [https://brusque.atende.net/cidadao/pagina/ade.php?rot=1&aca=119&ajax=t&processo=viewFile&ajaxPrevent=1662575734775&file=kxt14d3midgxbokiwlqkh0nc3i8ko03m43yuqt&sistema=WPO&classe=UploadMidia](http://brusque.atende.net/cidadao/pagina/ade.php?rot=1&aca=119&ajax=t&processo=viewFile&ajaxPrevent=1662575734775&file=kxt14d3midgxbokiwlqkh0nc3i8ko03m43yuqt&sistema=WPO&classe=UploadMidia). Acesso em: 3 set. 2022.

GIL, A.C. Como elaborar projetos de pesquisa. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

HAYATI, D; KARAMI, E.; SLEE, B. Combining qualitative and quantitative

methods in the measurement of rural poverty. Social Indicators Research, v.75, p.361-394, Springer, 2006.

PIMENTA, Carlos R. Projeto Geométrico de Rodovias. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2017. E-book. ISBN 9788595152212. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595152212/>. Acesso em: 7 set. 2022.

RICHARDSON, R. J. Pesquisa Social - Métodos e Técnicas. 3. ed. São Paulo, Atlas, 2008. 334 p.

SEIDLER, R. C. Estudo da resistência ao cisalhamento com enfoque na estabilidade de taludes em encosta localizada no município de Brusque Santa Catarina. Brusque. 2017.

STEIN, D. P. Avaliação da degradação do meio físico da bacia do rio Santo Anastácio, oeste paulista. 1999. 197 p. Tese (Doutorado em Geociências). Programa de Pós-graduação da Universidade Estadual Paulista – IGCE. Rio Claro–SP.

YIN, Roberto K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 2. ed. Porto Alegre. Editora: Bookmam. 200.