

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
ENGENHARIA DE TRANSPORTES

Guilherme Guimarães Carlos Lima

**MÉTODOS DE DRENAGEM PREVENTIVA EM VIAS
RODOVIÁRIAS NÃO PAVIMENTADAS: ESTUDO DE CASO**
**Análise do dimensionamento de barraginhas no distrito de
Angicos, Curvelo-MG**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Belo Horizonte – MG

2022

GUILHERME GUIMARÃES CARLOS LIMA

**MÉTODOS DE DRENAGEM PREVENTIVA EM VIAS
RODOVIÁRIAS NÃO PAVIMENTADAS: ESTUDO DE CASO**
**Análise do dimensionamento de barraginhas no distrito de
Angicos, Curvelo-MG**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso de Graduação em Engenharia de Transportes do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Professor Dr. Geraldo Magela Damasceno

Belo Horizonte – MG

2022



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES

ANEXO V – FOLHA DE NOTAS

MÉTODOS DE DRENAGEM PREVENTIVA EM VIAS RODOVIÁRIAS NÃO PAVIMENTADAS: ESTUDO DE CASO: Análise do dimensionamento de barraginhas no distrito de Angicos, Curvelo-MG.

Guilherme Guimarães Carlos Lima

Trabalho de conclusão de curso submetido à Comissão Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Graduação em Engenharia de Transportes, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Transportes.

☐ Aprovada em 05/12/2022.

☒ Aprovada com modificações sugeridas pela banca em 05/12/2022.

☐ *Aprovada com ressalvas em 05/12/2022.

☐ Reprovado(a).

Geraldo Magela Damasceno
ORIENTADOR

NOTA: 99,00

Prof. Dr. Geraldo Magela Damasceno

Andre Henrique Campos Teixeira
BANCA

NOTA: 99,00

Prof. Dr. Andre Henrique Campos Teixeira

Mateus Justino da Silva
BANCA

NOTA: 99,00

Prof. Dr. Mateus Justino da Silva

NOTA FINAL: 99,00

* Caso o(a) candidato(a) seja aprovado com ressalvas, favor relatar as modificações necessárias e indicar um membro responsável pela verificação das correções.

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado à minha mãe Simone, ao meu pai Robson, à minha irmã Luísa e à minha companheira Iara, pessoas essas que sempre acreditaram e são inspiração para mim.

Em alguns momentos eu mesmo duvidava da minha capacidade, mas eles sempre estiveram firmes ao meu lado, não me deixando desanimar ou entregar o jogo.

Obrigado família! Esse trabalho é nosso. Só nós sabemos o quão gratificante e esperado foi a conclusão desse trabalho. Amo vocês de coração.

Tempo perdido – Legião Urbana - 1986

Todos os dias quando acordo
Não tenho mais
O tempo que passou
Mas tenho muito tempo
Temos todo o tempo do mundo

Todos os dias antes de dormir
Lembro e esqueço como foi o dia
Sempre em frente
Não temos tempo a perder
...

Nem foi tempo perdido
Somos tão jovens
Tão jovens! Tão jovens!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a todos aqueles que contribuíram para que fosse possível chegar aonde estou. Obrigado seres de luz, que tornam minha caminhada mais leve e me guiam por essa passagem.

Aos professores do Departamento de Engenharia de Transportes - DET, do CEFET-MG, por todo o ensino, formação profissional e dedicação dispensadas em minha formação.

Ao meu orientador Professor Dr. Geraldo Magela Damasceno, por todo o apoio, disponibilidade, conselhos e por acreditar no nosso trabalho quando fomos conversar a primeira vez.

Ao André Henrique Campos Teixeira e ao Mateus Justino da Silva por aceitarem o convite para avaliação do meu trabalho. Sem a contribuição dos senhores isso não seria possível.

Agradeço aos meus amigos e colegas de curso pela amizade e companheirismo ao longo dessa incrível jornada que foi o curso de Engenharia de Transportes.

Agradeço a todos os servidores e funcionários do CEFET-MG que contribuem e zelam pela instituição, contribuindo para um ambiente agradável e em condições de estudo.

Por fim, agradeço à instituição CEFET-MG pela oportunidade de aprendizado e todas as experiências vividas.

LIMA, Guilherme G. C. **MÉTODOS DE DRENAGEM PREVENTIVA EM VIAS RODOVIÁRIAS NÃO PAVIMENTADAS: ESTUDO DE CASO (Análise do dimensionamento de barraginhas no distrito de Angicos, Curvelo-MG)**. 2022 f 57. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia de Transportes. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, 2022.

RESUMO

Acidentes envolvendo a capacidade de Drenagem das Vias rodoviárias é uma constante no Brasil. O objetivo deste trabalho é levantar os métodos e dispositivos de drenagem e avaliar sua instalação a partir do estudo da aplicação de barraginhas no distrito de São Cruz, na região Angicos do município de Curvelo em MG. A metodologia conta com visita para reconhecimento do local, utilização de nível ótico para levantamento da declividade do local. Espera-se como resultado do trabalho identificar os possíveis métodos que evitem ou amenizem o rompimento das barraginhas de retenção de água pluvial. Também pretende-se mostrar que um bom planejamento de drenagem preventiva pode evitar danos mais severos como perdas de bens, e/ou isolamento geográfico parcial ou total de uma região.

Palavras-chave: Drenagem; Métodos de drenagem; Drenagem preventiva.

LIMA, Guilherme G. C. **METHODS OF PREVENTIVE DRAINAGE IN UNPAVED ROADS: CASE STUDY** Analysis of the design of barraginhas in the district of Angicos, Curvelo-MG. 2022 s 57 - Transport Engineering. Federal Center for Technological Education of Minas Gerais, 2022.

ABSTRACT

Accidents involving highways drainage capacity is a constant in Brazil. The objective of this work is to identify the drainage methods and devices evaluating their installation based on the study of "small dams" application in the district of São Cruz, in the Angicos region of the municipality of Curvelo in Minas Gerais. The methodology includes a visit to explore the local and the use of an optical level to assess the local slope. As a result of the work, it is expected to identify possible methods to avoid or mitigate the rupture of rainwater retention dams. It is also expected to show how a good preventive drainage plan can avoid more severe damage such as loss of property and/or partial or total geographic isolation of a region.

Keywords: Drainage, Drainage methods, Preventive drainage

LISTA DE SIGLAS

ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres

ANA - Agência Nacional de Águas

BIT - Banco de Informações de Transportes.

CNT - Confederação Nacional de Transportes.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.

DER - Departamento Estadual de Edificações e Estradas.

EPSEG - *European Petroleum Survey Group*

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

GPRH - Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão de Águas

KM – Quilômetros

SCS - *Surveillance Collaboration Services*

SNV – Sistema Nacional de Viação

USDA – *United States Department of Agriculture*

UFV – Universidade Federal de Viçosa

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Local da região de estudo da barraginha	12
Figura 2 - A matriz de transporte no mundo	17
Figura 3 - Valeta trapezoidal de proteção de corte.....	24
Figura 4 - Valeta trapezoidal de proteção de aterro	25
Figura 5 - Sarjeta de corte triangular em solo	25
Figura 6 - Sarjeta de aterro	26
Figura 7 - Descida d'água	27
Figura 8 - Esquema de funcionamento do Sistema Barraginhas	28
Figura 9 - Características da barraginha do local de estudo	30
Figura 10 - Nível ótico sendo utilizado em campo.....	31
Figura 11 - Trena digital e GPS.....	31
Figura 12 - Localização da região de estudo	32
Figura 13 - Altimetria da região de contribuição da barraginha Alt1	33
Figura 14 - Altimetria da região de contribuição da barraginha Alt2.....	34
Figura 15 - Altimetria da região de contribuição da barraginha Alt3.....	34
Figura 16 - Área de contribuição da barraginha e curvas de nível	35
Figura 17 - Área de contribuição Via não pavimentada.....	36
Figura 18 - Parâmetros da equação Terraço 4.1	37
Figura 19 - Variação do raio com base na variação do Tie	38
Figura 20 - Precipitação média anual de Curvelo – MG últimos 30 anos	40
Figura 21 - Precipitação acumulada mensal em Curvelo 2022 até 15 novembro	41
Figura 22 - Precipitação anual de Curvelo de 1931 a 2020.	42
Figura 23 - Localização Geográfica da Estação meteorológica automática de Curvelo (A538).	42
Figura 24 – Projeto em escala da barraginha dimensionada	53
Figura 25 - Infilômetro de anel.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Condição das rodovias brasileiras – Panorama Geral.....	18
Tabela 2 – Jurisdição das rodovias brasileiras – Panorama Geral.....	18
Tabela 3 – Condição das rodovias estaduais – Panorama Geral.....	19
Tabela 4 – Condição das rodovias da região Sudeste – Panorama Geral.....	19
Tabela 5 – Condição das rodovias em Minas Gerais – Panorama Geral.....	19
Tabela 6 - Dados coletados em campo com o nível ótico	38
Tabela 7 - Médias de temperatura e precipitação	40
Tabela 8 - Dados históricos da estação de Curvelo - MG	43
Tabela 9 - Valores do parâmetro CN para bacias rurais	47
Tabela 10 - Valor médio do CN	48
Tabela 11 - Coeficientes que mais se adequam a região	49
Tabela 12 - Variação do raio em função de Hmax e da precipitação	51
Tabela 13 - Novo valor de raio em função do novo valor de precipitação.....	51
Tabela 14 - Resultados finais.....	52

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1	TIPOS DE MODOS DE TRANSPORTE.....	14
2.1.1	RODOVIÁRIO	15
2.1.2	FERROVIÁRIO.....	15
2.1.3	AEROVIÁRIO	15
2.1.4	AQUAVIÁRIO.....	16
2.1.5	DUTOVIÁRIO	16
2.2	MODO RODOVIÁRIO NO BRASIL.....	17
2.3	CONSERVAÇÃO DE RODOVIAS	21
2.3.1	CONSERVAÇÃO CORRETIVA ROTINEIRA:	21
2.3.2	CONSERVAÇÃO PREVENTIVA PERIÓDICA.....	22
2.3.3	CONSERVAÇÃO DE EMERGÊNCIA	22
2.3.4	RESTAURAÇÃO.....	22
2.3.5	MELHORAMENTOS DA RODOVIA NÃO PAVIMENTADA	22
2.4	PRINCIPAIS TIPOS DE DRENAGENS EM RODOVIAS	23
2.4.1	DRENAGEM SUPERFICIAL.....	23
2.4.1.1	VALETA DE PROTEÇÃO DE CORTE	24
2.4.1.2	VALETA DE PROTEÇÃO DE ATERRO	25
2.4.1.3	SARJETAS DE CORTE.....	25
2.4.1.4	SARJETA DE ATERRO.....	26
2.4.1.5	DESCIDAS DE ÁGUA	27
2.5	BARRAGINHAS.....	28
3	METODOLOGIA.....	29
3.1	DETERMINÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1	METOLOGIA DE DIMENSIONAMENTO DE BARRAGINHA DE CONTENÇÃO	39
5	CONCLUSÃO.....	52
6	TRABALHOS FUTUROS.....	54
	REFERÊNCIAS.....	55

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o Anuário da Confederação Nacional de Transportes (CNT, 2018), o Brasil, país de dimensões continentais, possui 1.720.700 quilômetros de estradas e rodovias, pavimentadas ou não pavimentadas. Tal fato, o torna a quarta maior malha rodoviária do mundo e sem dúvida faz desse modo o principal sistema logístico do país. Apesar da relevância que o modo desempenha no sistema, o anuário revela que o transporte rodoviário enfrenta graves problemas com a baixa qualidade da infraestrutura no Brasil: apenas 12,4% da malha rodoviária é pavimentada sendo a maior parte das rodovias pavimentadas é de pista simples (92,7%).

Além disso, as condições dos pavimentos são insatisfatórias. Segundo a (CNT, 2019) que avalia toda a malha federal pavimentada e os principais trechos estaduais também pavimentados, 61,8% das vias pesquisadas apresentam algum tipo de problema sendo classificadas como regular, ruim ou péssima. O pavimento apresenta problemas em metade dos trechos. Já a sinalização e a geometria da via têm classificação regular, ruim ou péssima, com índices de 59,2% e de 77,9%, respectivamente.

A combinação dos números revelados acima traz à tona duas principais situações: a sobrecarga da malha e o agravamento do risco de acidentes. Dessa forma, pode-se perceber a importância da conservação das rodovias para manter a segurança das pessoas e dos veículos. Isto significa impacto nos aspectos sociais por conta da perda da vida humana ou nos aspectos econômicos devido ao custo de manutenção, tratamento dos acidentados, acionamento dos seguros dos veículos.

Segundo Arcolini e Barradas (2019) quando o projeto, construção e conservação de um sistema de drenagem em rodovias são executados da maneira correta, há uma redução considerável do número de acidentes de maneira geral. Somando-se a isso, temos o aumento da durabilidade do pavimento, dos elementos estruturantes bem como dos taludes de aterro e corte.

Realizando uma associação com o estudo presente, a escolha do método de drenagem se relaciona de forma direta com a segurança das pistas uma vez que é um dos meios de garantir o encaminhamento da água para locais corretos.

Dito isso, não podemos nos esquecer que a água por muitas vezes pode ser a causa direta ou indireta de uma parte dos defeitos da malha rodoviária já que está correlacionada com erosões, recalques, deslizamentos e tantos outros defeitos de rodovias.

A área de estudo fica localizada no município de Curvelo no distrito de Angicos em Minas Gerais. Em uma das vias de acesso à região de estudo, temos a presença de algumas barraginhas que foram construídas com o objetivo de reduzir a erosão e evitar prejuízos financeiros aos moradores do local. O local de estudo fica situado a 156 km da capital do estado Belo Horizonte. A localização aproximada da barraginha pode ser visto na Figura 1, e possui as coordenadas -18.884456385180975, -44.46274532547941 no sistema de coordenadas de Pseudo Mercator (EPSG: 3857), o mesmo sistema utilizado pelo Google Maps.

Figura 1 - Local da região de estudo da barraginha



Fonte: Próprio autor através do Google Maps

Em janeiro deste ano (2022) o estado de Minas Gerais passou por diversos problemas relacionados à capacidade de drenagem das vias com o excesso de chuvas o que ocasionou vários transtornos nas rodovias. Um desses casos foi o da BR-381 em Nova Era na altura do KM 321 onde segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) o grande volume de água e consequente saturação do solo, provocou o “cisalhamento de talude”. Em resumo, aconteceu o deslocamento de massa de terra que pressionou a rodovia e danificou a pista. (CAETANO, 2022). Ficou sem comprovação exata se o problema foi geotécnico ou de drenagem ineficiente, ou a soma destes dois com outros fatores.

Dessa forma, o presente estudo se propõe a responder qual a melhor solução de método de drenagem para ser empregada analisando o um sistema de drenagem não eficiente ou subdimensionada. Para isso, a estrutura do trabalho tem cinco seções, além da introdução, que contém a descrição do tema e o objetivo proposto.

Inicia-se com a seção de revisão bibliográfica abordando os tipos de modos de transporte com ênfase nas vias rodoviárias, depois traz sobre os serviços de conservação das pistas e por último descreve-se os métodos de drenagem e a aplicabilidade de cada sistema nas vias rodoviárias.

Em seguida, descreve a metodologia utilizada, bem como, a caracterização do método e das fontes de informação. Na próxima seção, expõe-se os resultados e se constrói uma discussão acerca do que foi observado. Por fim, tem a conclusão seguida de uma sugestão de trabalhos futuros.

A partir dessa estrutura, o trabalho tem como objetivo geral levantar os métodos de drenagem e avaliar sua aplicabilidade a partir de um estudo de caso real. A motivação deste estudo deriva da importância do processo de drenagem para que sejam consideradas as premissas corretas de cada dispositivo tendo em vista a valorização da vida dos seres humanos que trafegam pelas vias. Em suma, a maior segurança da circulação dos veículos e pessoas aliada com a maior durabilidade da via depende de uma boa escolha do método de drenagem. Ou seja, ao final pretende-se responder se os métodos empregados foram os adequados para o local e se o dispositivo poderia ser dimensionado de outra maneira a fim de evitar as mazelas descritas acima.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 TIPOS DE MODOS DE TRANSPORTE

Para Novaes (2000), a logística permite a realização de metas definidas pela organização, sendo a logística o único meio para concretizar essas metas de forma adequada. A logística é constituída por um conjunto de três atividades que são: transportar, distribuir e armazenar, onde a administração desse conjunto tem que ocorrer de forma integrada para que o desencontro de informações não ocasione problemas e custos na realização da operação.

Na abordagem de Rodrigues (2007, p.25) um sistema de transportes é constituído pelo modo (via de transporte), pela forma (relacionamento entre os vários modos de transporte), pelo meio (elemento transportador) e pelas instalações complementares (terminais de carga).

Quanto à forma aponta-se as seguintes classificações:

Unimodal: Quando a unidade de carga é transportada diretamente, utilizando um único veículo, em uma única modalidade de transporte e com apenas um contrato de transporte. É a forma mais simples de transporte.

Sucessivo: Quando, para alcançar seu destino final, a unidade de carga necessita ser transportada por um ou mais veículos da mesma modalidade de transporte, abrangidos por mais de um contrato de transporte.

Segmentado ou Intermodal: Quando se utilizam veículos diferentes, de uma ou mais modalidades de transporte, em vários estágios, sendo todos os serviços contratados separadamente a diferentes transportadores, que terão a seu cargo a condução da unidade de carga do ponto de expedição até o destino final. Qualquer atraso pode significar a perda do transporte nos demais modos, gerando frete morto (pagar por ter reservado o espaço, mesmo sem realizar o transporte). A imputação de responsabilidades por perdas ou avarias é muito complexa e as indenizações por lucros cessantes, flutuação de preços etc. são praticamente impossíveis.

Intermodal: Quando a unidade de carga é transportada em todo percurso utilizando duas ou mais modalidades de transporte, abrangidas por um único contrato de transporte e uma única apólice de seguro. A prévia coleta e movimentação de mercadorias para unitização, bem como eventuais operações depois de sua entrega final no local do destino estabelecido no contrato de transporte não caracterizam o transporte multimodal, nem dele fazem parte. (RODRIGUES, 2007, p. 28)

Os cinco modos existentes na logística de transporte são rodoviário, ferroviário, aeroviário, aquaviário e dutoviário.

2.1.1 RODOVIÁRIO

O rodoviário é o modo mais simples de ser utilizado, basta que existam rodovias, ruas, avenidas e estradas, em boas condições de tráfego ou não. Entretanto, essa facilidade de transporte se opõe ao elevado consumo de combustível. (SILVA, 2014)

Entre suas principais vantagens tem-se a frequência; a disponibilidade de serviços; a velocidade de entrega; a flexibilidade; as entregas em pequenas e longas distâncias e o serviço “porta-a-porta” (BALLOU, 2001; ALVARENGA; NOVAES, 2000; BERTAGLIA, 2003; ARNOLD, 1999; FARIA; COSTA, 2005).

As desvantagens correspondem a limitação de peso, o volume cúbico do veículo; o custo e a dependência da qualidade das estradas (ALVARENGA; NOVAES, 2000; ARNOLD, 1999; FIGUEIREDO; FLEURY; WANKE 2003; KEEDI, 2001).

2.1.2 FERROVIÁRIO

Já o ferroviário é completamente diferente do modo rodoviário, pois, para que o transporte possa acontecer, são necessários investimentos para a implantação dos trilhos, e, mesmo assim, não é possível atingir todos os lugares desejados. Porém, seu custo energético é muito eficiente para grandes quantidades a longas distâncias. Geralmente transporta produtos de baixo valor agregado, como minérios, produtos agrícolas e siderúrgicos (FARIA; COSTA, 2005).

2.1.3 AEROVIÁRIO

O transporte aeroviário é adequado para percorrer grandes distâncias, transportar mercadorias de alto valor agregado, em pequenos volumes ou com urgência de entrega (CURIEL, 2001). As principais vantagens do modo aéreo são rapidez, maior segurança em relação a roubos, extravios ou danos e a não necessidade de embalagens reforçadas. Quanto maior a distância a ser percorrida, maior é o ganho de tempo. A principal desvantagem em relação aos outros modais é o custo, pois há o custo fixo com aeronaves, manuseio, infraestrutura e sistemas de carga e o custo variável com combustível, mão-de obra, manutenção, todos elevados (WANKE; FLEURY, 2006).

2.1.4 AQUAVIÁRIO

Quando falamos do modo aquaviário refere-se tanto aos modais marítimo e hidroviário, e vem sendo um meio muito utilizado para produtos de baixo custo, como ferro, cimento e vários outros. As principais vantagens estão na grande capacidade de carga, baixo custo de transporte e manutenção, o baixo custo de implantação, a baixa emissão de gases poluentes, a segurança e o funcionamento durante todo o dia. Entre as principais desvantagens tem-se a baixa flexibilidade; o transporte lento e influenciável pelas condições climáticas; e o uso de um modo complementar para a entrega das cargas. Utilizado para itens de baixo valor agregado (KEEDI, 2007; RODRIGUES, 2007).

2.1.5 DUTOVIÁRIO

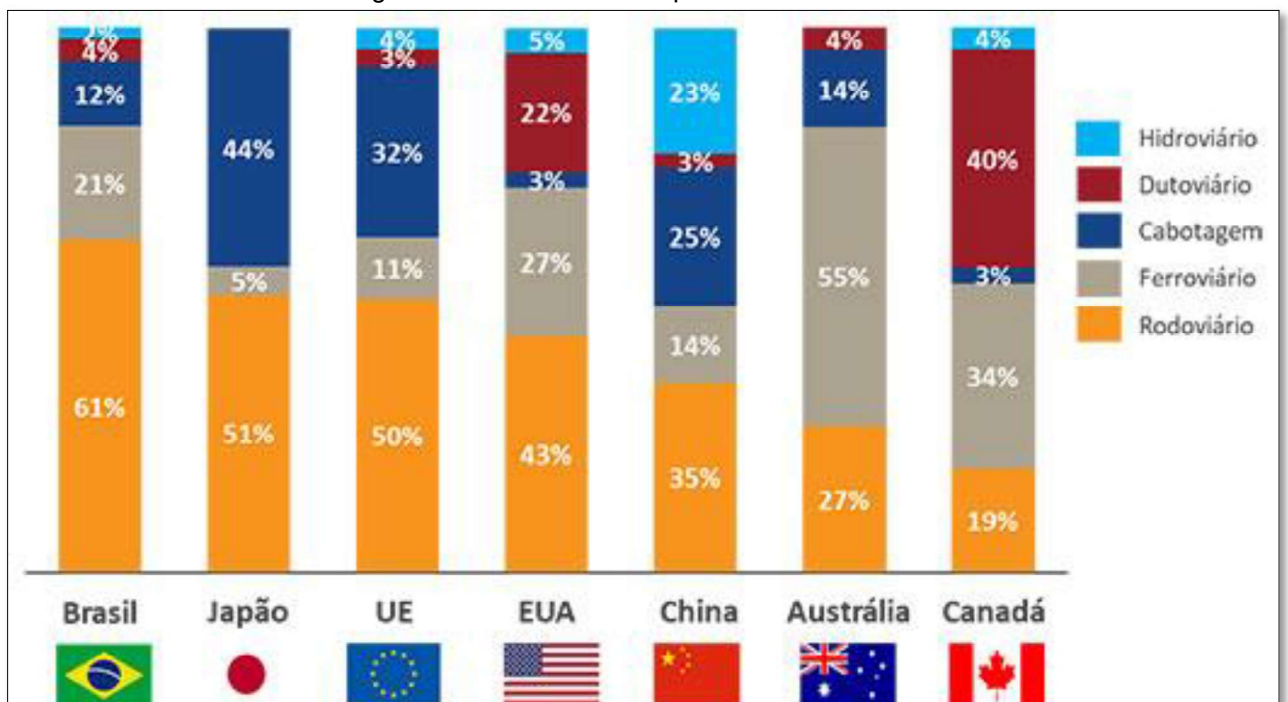
Por último o modo dutoviário é utilizado para distribuir gás, petróleo, minérios e outros, através de dutos projetados para cada finalidade. No Brasil, são pouco utilizados se comparados aos demais modais, devido principalmente à especificidade da carga a ser transportada e ao altíssimo custo de implantação, além de barreiras econômicas e políticas.

2.2 MODO RODOVIÁRIO NO BRASIL

A partir da década de 1930 o movimento de industrialização brasileira trouxe a necessidade de maior integração do mercado interno e de maiores investimentos para o transporte rodoviário. Devido ao tamanho da extensão brasileira esse processo foi implantado aos poucos conectando os estados brasileiros às áreas industriais da região Sudeste.

Na década de 50, no governo do Juscelino Kubitschek, foi quando a malha rodoviária se consolidou de maneira efetiva aliado ao fato da expansão da indústria automobilística e numa época em que o preço dos combustíveis derivados do petróleo eram atrativos (MENDONÇA, 2013). Assim, o modo rodoviário se expandiu e até hoje domina amplamente o transporte de mercadorias no país.

Figura 2 - A matriz de transporte no mundo



Fonte: Alvarenga (2020)

Como é possível analisarmos na Figura 2 o Brasil é um país altamente dependente da malha rodoviária ao contrário de países como a Austrália e Canadá que tem grande concentração da malha ferroviária.

Conforme comenta Caixeta-Filho e Martins (2001), o mercado destaca os principais agentes no transporte rodoviário que são:

Ofertante: dependendo do nível de análise, o ofertante pode ser desde uma empresa de construção e conservação da infraestrutura de transporte até firmas que locam veículos.

Operador: é a empresa prestadora do serviço, que quotidianamente toma decisão a decisão da regularidade da prestação do serviço e das rotas a serem atendidas.

Embarcador: é o agente que precisa da viagem; é o dono da carga. É com base nas necessidades geradas pelo embarcador que se decide pelo nível do serviço pelas rotas de transporte.

Regulador: entidade que exerce alguma forma de controle sobre a operação dos transportes.

O panorama geral das estradas brasileiras é retratado na Tabela 1 abaixo que foi adaptada pelo autor do arquivo extraído do DNIT (2015) do Sistema Nacional de Viação - SNV. Como pode-se observar, o Brasil apresenta uma extensa malha rodoviária. Observa-se o valor alto de estradas não pavimentadas no país que é cerca de 78,6%. Isso corrobora o nosso estudo sobre esse assunto.

Tabela 1 – Condição das rodovias brasileiras – Panorama Geral

CONDIÇÃO DAS RODOVIAS BRASILEIRAS - PANORAMA GERAL		
ESTRADAS	EXTENSÃO EM KM	PERCENTUAL
Não pavimentadas	1.351.978,10	78,6%
Pavimentadas	211.468,30	12,3%
Plenejadas	157.309,30	9,1%
TOTAL	1.720.755,70	100,0%

Fonte: Adaptado de DNIT (2015)

Na Tabela 2 temos a estratificação no que diz respeito à jurisdição das rodovias. A tabela evidencia que 77,8% das rodovias brasileiras estão sob a jurisdição dos municípios. Cabendo ao estado (jurisdição estadual) apenas 15,2%, parte essa que tem como responsável os DER's.

Tabela 2 – Jurisdição das rodovias brasileiras – Panorama Geral

JURISDIÇÃO DAS RODOVIAS BRASILEIRAS - PANORAMA GERAL		
ESTRADAS	EXTENSÃO EM KM	PERCENTUAL
Municipal	1.339.126,90	77,8%
Estadual	261.562,80	15,2%
Federal	120.066,00	7,0%
TOTAL	1.720.755,70	100,0%

Fonte: Adaptado de DNIT (2015)

Partindo para um recorte mais específico, na Tabela 3 temos a extensão e o percentual das rodovias brasileiras no âmbito estadual.

Tabela 3 – Condição das rodovias estaduais – Panorama Geral

CONDIÇÃO DAS RODOVIAS ESTADUAIS - PANORAMA GERAL		
ESTRADAS	EXTENSÃO EM KM	PERCENTUAL
Não pavimentadas	105.600,60	40,4%
Pavimentadas	119.747,00	45,8%
Planejadas	36.215,20	13,8%
TOTAL	261.562,80	100,0%

Fonte: Adaptado de DNIT (2015)

Já na Tabela 4, especificamos a condição das rodovias quanto a sua extensão na região do sudeste brasileiro. Essa região compreende os estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Minas Gerais (estado onde se localiza o local de estudo)

Tabela 4 – Condição das rodovias da região Sudeste – Panorama Geral

CONDIÇÃO DAS RODOVIAS DO SUDESTE - PANORAMA GERAL		
ESTRADAS	EXTENSÃO EM KM	PERCENTUAL
Não pavimentadas	10.586,30	22,6%
Pavimentadas	34.208,70	73,1%
Planejadas	1.986,00	4,2%
TOTAL	46.781,00	100,0%

Fonte: Adaptado de DNIT (2015)

Na Tabela 5 observa-se a condição das rodovias no estado de Minas Gerais. Como é possível inferir, cerca de 27,3%, dos 21.984,40 km de rodovias do estado, são de vias não pavimentadas, ou seja, um total de 6.011,00 km. Tal fato, nos mostra a importância do objeto de estudo, sendo esse número representativo, tanto localmente quanto nacionalmente, correspondente a esse último, de acordo com a Tabela 1, com 78,6% (1.351.978,10 km) das rodovias não pavimentadas brasileiras.

Tabela 5 – Condição das rodovias em Minas Gerais – Panorama Geral

CONDIÇÃO DAS RODOVIAS DE MINAS GERAIS - PANORAMA GERAL		
ESTRADAS	EXTENSÃO EM KM	PERCENTUAL
Pavimentadas	15.973,40	72,7%
Não pavimentadas	6.011,00	27,3%
Planejadas	0,00	0,0%
TOTAL	21.984,40	100,0%

Fonte: Adaptado de DNIT (2015)

Em resumo, o panorama das estradas brasileiras traz à tona uma realidade que revela a ineficiência da malha rodoviária visto que grande parte das rodovias não é pavimentada (78,6%) e 77,8% está no domínio dos municípios com vias de baixa qualidade e trafegabilidade reduzida Tabela 2.

Podemos atentar também que o transporte rodoviário de carga no Brasil possui suas características próprias. Segundo (BIT, 2013) essas características podem ser resumidas em:

- Possui a maior representatividade entre os modos existentes;
- Adequado para curtas e médias distâncias;
- Baixo custo inicial de implantação;
- Alto custo de manutenção;
- Muito poluente com forte impacto ambiental;
- Segurança no transporte comprometida devido à existência de roubos de cargas;
- Serviço de entrega de porta a porta;
- Maior flexibilidade com grande extensão da malha;
- Transporte com velocidade moderada;
- Os custos se tornam altos para grandes distâncias;
- Tempo de entrega confiável;
- Baixa capacidade de carga com limitação de volume e peso;
- Integra todos os estados brasileiros.

O panorama geral exposto e as características sobre a malha rodoviária contribuem para o entendimento da complexidade da conservação das vias e passa pela compreensão da dificuldade que é implantar qualquer ação que visa manter a mesma em condições satisfatórias de operação, manutenção esta que pode ser preventiva ou corretiva, utilizando vários tipos de intervenções por programas de manutenção.

Na sequência será exemplificado esses tipos de programas de manutenção. Vale destacar que nem todas as regiões ou órgãos possuem os equipamentos a disposição e muitas vezes esse trabalho fica comprometido.

2.3 CONSERVAÇÃO DE RODOVIAS

O Manual de Conservação do DNIT (2005) detalha 90 atividades de conservação que seguem a seguinte ordem de prioridade:

- 1) Segurança dos usuários: remendos, sinalização horizontal e vertical;
- 2) Proteção e integridade da plataforma: drenagem superficial, limpeza de bueiros e valetas;
- 3) Aparência geral: limpeza de mato, corte de grama e limpeza das placas de sinalização.

Os serviços de conservação de rodovias fazem parte de um conjunto de atividades destinadas a proporcionar conforto e segurança aos usuários. As macro atividades, de acordo com a terminologia oficial do DNIT (2005), se dividem em cinco grupos de tarefas:

2.3.1 CONSERVAÇÃO CORRETIVA ROTINEIRA:

É o conjunto de operações de conservação que tem como objetivo reparar ou sanar um defeito e restabelecer o funcionamento dos componentes da rodovia, propiciando conforto e segurança aos usuários.

Geralmente são reparos localizados de defeitos na pista ou no acostamento com extensão inferior a 150m e manutenção regular dos dispositivos de drenagem, dos taludes laterais, da faixa lindeira, dos dispositivos de sinalização e demais instalações da rodovia.

Na conservação rotineira temos atividades como remoção de ervas daninhas dos dispositivos, remoção de lixo e entulhos. Entulhos é tudo aquilo que não faz parte da construção inicial do dispositivo, atrapalhando seu perfeito funcionamento e trazendo riscos para o sistema como um todo.

2.3.2 CONSERVAÇÃO PREVENTIVA PERIÓDICA

É o conjunto de operações de conservação, realizadas periodicamente com o objetivo de evitar surgimento ou agravamento de defeitos: Trata-se de tarefas requeridas durante o ano, mas cuja frequência de execução depende do trânsito, topografia e clima. Ex.: operação tapa-buraco, fechamento de trincas etc.

2.3.3 CONSERVAÇÃO DE EMERGÊNCIA

É o conjunto de operações destinadas a corrigir defeitos surgidos de modo repentino, ocasionando restrições ao tráfego e ou sérios riscos aos usuários.

2.3.4 RESTAURAÇÃO

É o conjunto de operações destinado a restabelecer o perfeito funcionamento de um bem determinado ou avariado, e restabelecer, na íntegra, suas características técnicas originais. Envolve, portanto, um conjunto de medidas destinadas a adaptar a rodovia, de uma forma permanente, às condições de tráfego atuais e futuras, prolongando seu período de vida.

2.3.5 MELHORAMENTOS DA RODOVIA NÃO PAVIMENTADA

É o conjunto de operações que acrescentam à rodovia existente, características novas, ou modificam as características existentes (DNIT, 2005).

Segundo JUNIOR (2021), para que o sistema de drenagem seja eficiente, ele deve dispor de alguns dispositivos. Dentre esses dispositivos, podemos citar as valetas de proteção de cortes e aterros, sarjetas de cortes e aterros, descidas e saídas d'água e mais especificamente as barraginhas (bacias de acumulação). As barraginhas são bacias de acumulação ou outro tipo de sistema de retenção localizado no terreno que margeia a estrada ou suas adjacências (GRIEBELER et al., 2005).

Para evitarmos a erosão provocada pela velocidade e intensidade das águas drenadas pelas rodovias não pavimentadas, utilizamos os dispositivos citados acima. Esses dispositivos serão detalhados no item 2.5 do presente trabalho.

2.4 PRINCIPAIS TIPOS DE DRENAGENS EM RODOVIAS

Para garantir a estrutura projetada das rodovias, a engenharia desenvolveu algumas técnicas construtivas para que o excesso de água fosse conduzido de maneira segura e controlada até sua dissipação natural. Quando a drenagem não é eficiente, podem surgir os mais diversos problemas no pavimento. Temos então 4 grandes grupos de técnicas que podem ser resumidas de acordo com Rocha (2013, p. 6),

- a) Superficial, que visa remover as águas que escoam sobre a superfície da rodovia ou nas proximidades da mesma;
- b) Do pavimento, que busca retirar as águas infiltradas nas camadas do pavimento (Superestrutura);
- c) Subterrânea ou Profunda, que procura remover a água contida em excesso na massa do terreno subjacente ou rebaixar o lençol d'água subterrâneo que esteja em nível tal que a água possa, por capilaridade, atingir o greide da estrada;
- d) De Transposição de Talvegues, que objetiva transpor as águas que escoam por talvegues e que atravessam a rodovia, sem comprometer a estrutura do pavimento.

O presente trabalho fará um foco mais específico na drenagem superficial e seus principais dispositivos.

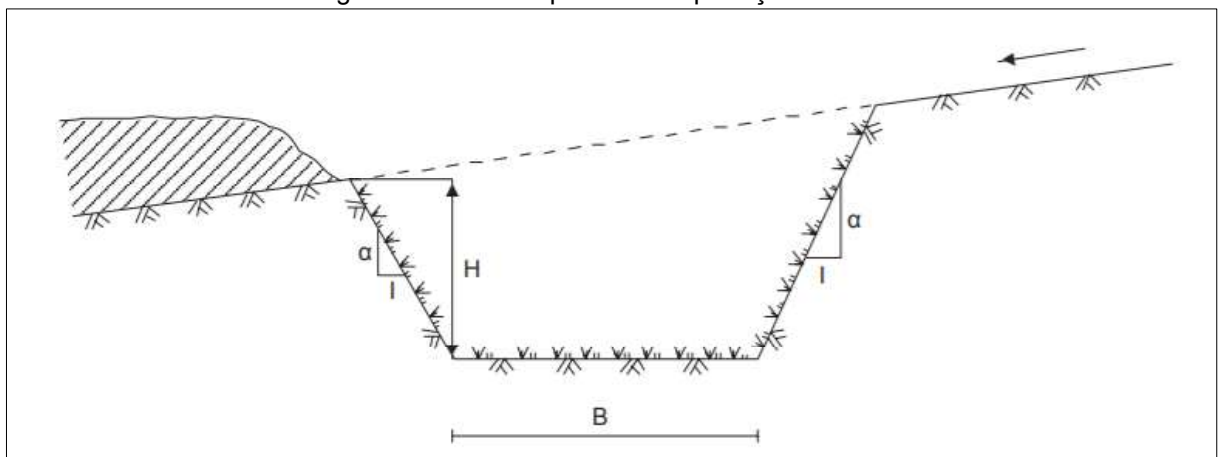
2.4.1 DRENAGEM SUPERFICIAL

A drenagem superficial em rodovias é necessária para direcionar a água excedente superficial para fora da pista de rolamento a fim de garantir a segurança dos usuários e as condições construtivas ideais do local.

O sistema de drenagem superficial eficiente é composto de alguns subsistemas e dispositivos, que trabalhando em conjunto, garantem o correto direcionamento da água e sua dissipação, evitando desgastes e destruição antes do previsto no projeto.

2.4.1.1 VALETA DE PROTEÇÃO DE CORTE

Figura 3 - Valeta trapezoidal de proteção de corte



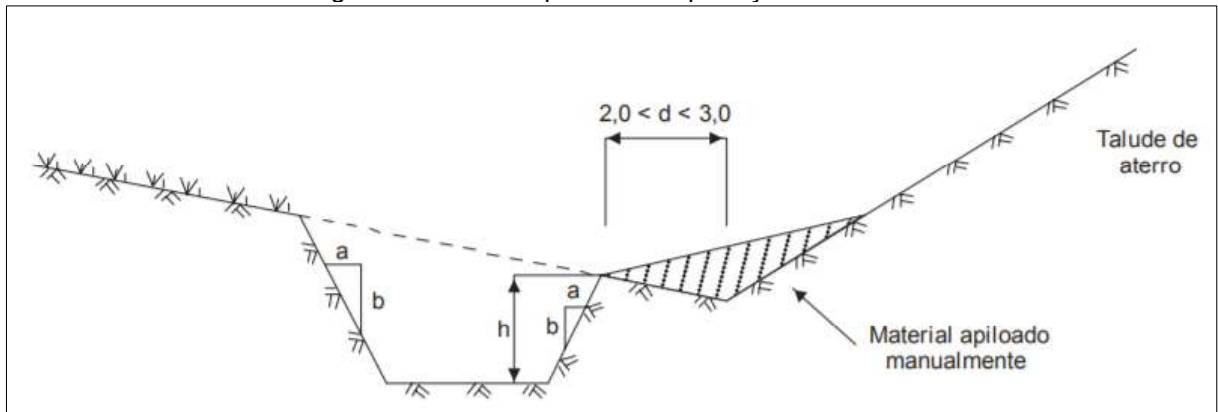
Fonte: MANUAL DE DRENAGEM DE RODOVIAS - DNIT (2006).

A valeta do tipo trapezoidal, ilustrada pela Figura 3, para proteção de corte é mais recomendável, dentre as geometrias de valetas, por apresentar maior eficiência hidráulica (DNIT, 2006). Essas valetas são construídas para interceptar as águas do escoamento natural do terreno de um talude de corte a fim de evitar que ela se choque direto com o talude e o afete estruturalmente.

Importante destacar que por possuir uma base de solo natural, é recomendado que nesse local haja uma compactação mínima, com compressores manuais ou mecânicos, afim de garantir um mínimo de coesão no solo para que o dispositivo trabalhe como foi projetado.

2.4.1.2 VALETA DE PROTEÇÃO DE ATERRO

Figura 4 - Valeta trapezoidal de proteção de aterro

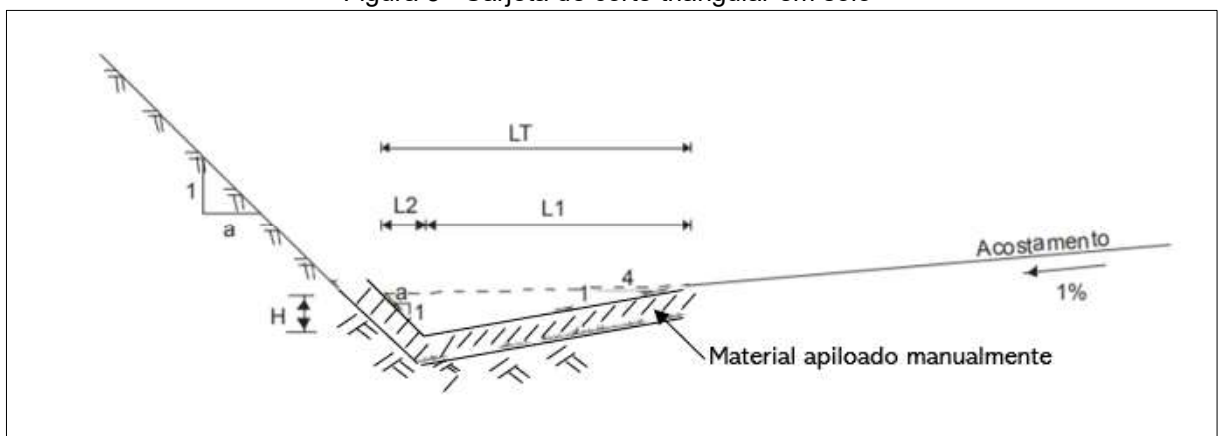


Fonte: MANUAL DE DRENAGEM DE RODOVIAS – DNIT (2006).

A valeta de proteção de aterro, ilustrada pela Figura 4, é utilizada para interceptar as águas que escoam pelo terreno a montante, impedindo-as de atingir o pé do talude de aterro (DNIT, 2006). Concomitantemente, elas ajudam no direcionamento das águas das sarjetas para os demais dispositivos de drenagem do sistema.

2.4.1.3 SARJETAS DE CORTE

Figura 5 - Sarjeta de corte triangular em solo

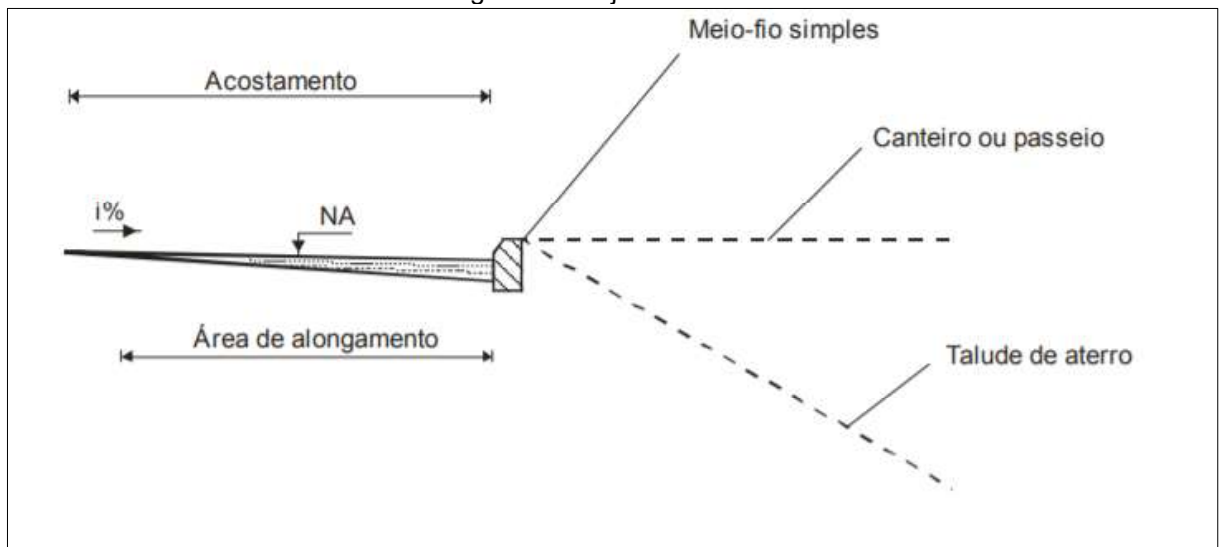


Fonte: Próprio autor adaptado do MANUAL DE DRENAGEM DE RODOVIAS – DNIT (2006).

A sarjeta de corte, ilustrada pela Figura 5, capta e conduz longitudinalmente à rodovia as águas vindas das pistas de rolamento e dos taludes de corte. Elas conduzem essa água até o próximo dispositivo ou até um local seguro para a dissipação dessa água em terreno natural.

2.4.1.4 SARJETA DE ATERRO

Figura 6 - Sarjeta de aterro



Fonte: MANUAL DE DRENAGEM DE RODOVIAS - DNIT (2006).

A sarjeta de aterro, ilustrada pela Figura 6, capta e conduz longitudinalmente à rodovia as águas vindas das pistas de rolamento, evitando que essas águas danifiquem o material de recobrimento das pistas.

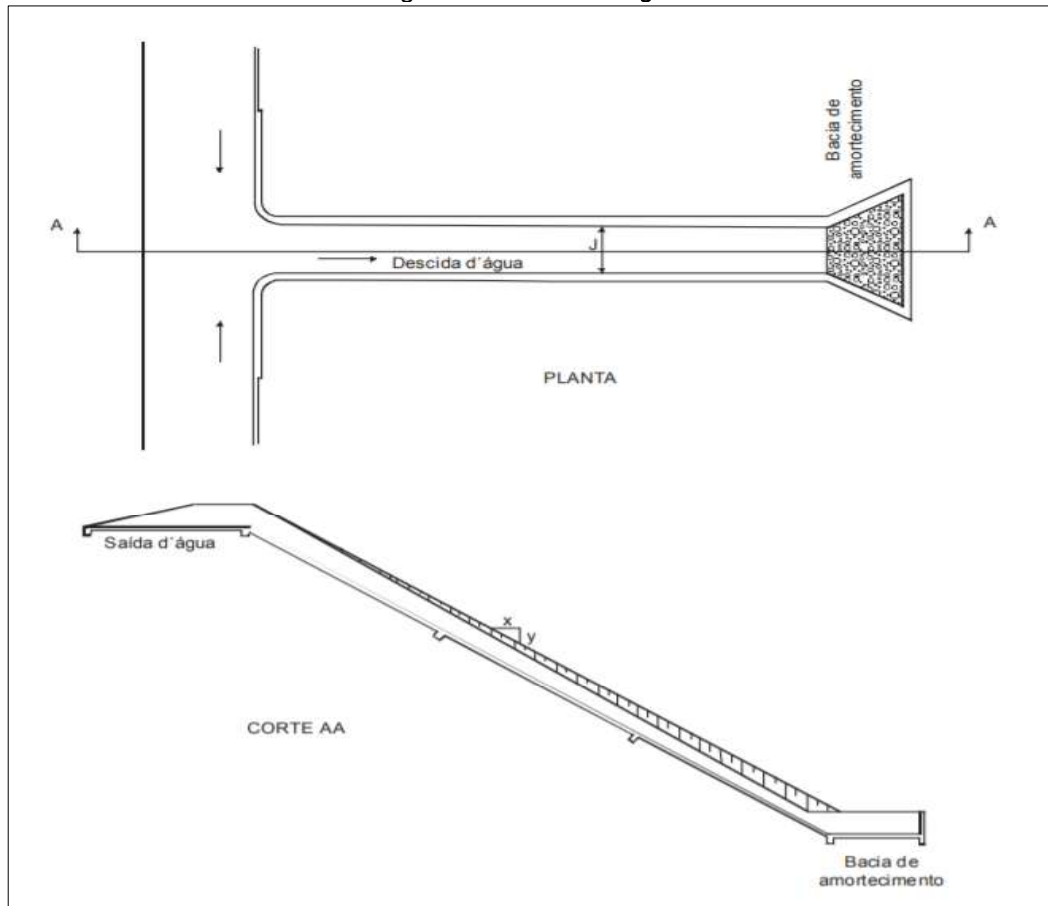
Segundo o manual do DNIT (2006, p. 171)

A indicação da sarjeta de aterro deve fundamentar-se nas seguintes situações:

- Trechos onde a velocidade das águas provenientes da pista provoque erosão na borda da plataforma;
- Trechos onde, em conjunto com a terraplenagem, for mais econômica a utilização da sarjeta, aumentando com isso a altura necessária para o primeiro escalonamento de aterro;
- Interseções, para coletar e conduzir as águas provenientes dos ramos, ilhas, etc.

2.4.1.5 DESCIDAS DE ÁGUA

Figura 7 - Descida d'água



Fonte: MANUAL DE DRENAGEM DE RODOVIAS – DNIT (2006).

As descidas d'água, conforme Figura 7, são dispositivos utilizados quando o sistema anterior chega em seu dimensionamento crítico. Ou seja, são um ótimo recurso para seccionar o fluxo e garantir a funcionalidade de todo o sistema.

Podem ser do tipo rápida (lisa) aberta ou fechada, ou lentas com degraus abertos e fechados também. Sua construção exige um cuidado adicional pois ela pode ser atingida pela erosão das encostas e perder sua função.

Para evitar esse tipo de situação, recomenda-se observar as melhores práticas de construção e avaliar bem o local de instalação do dispositivo.

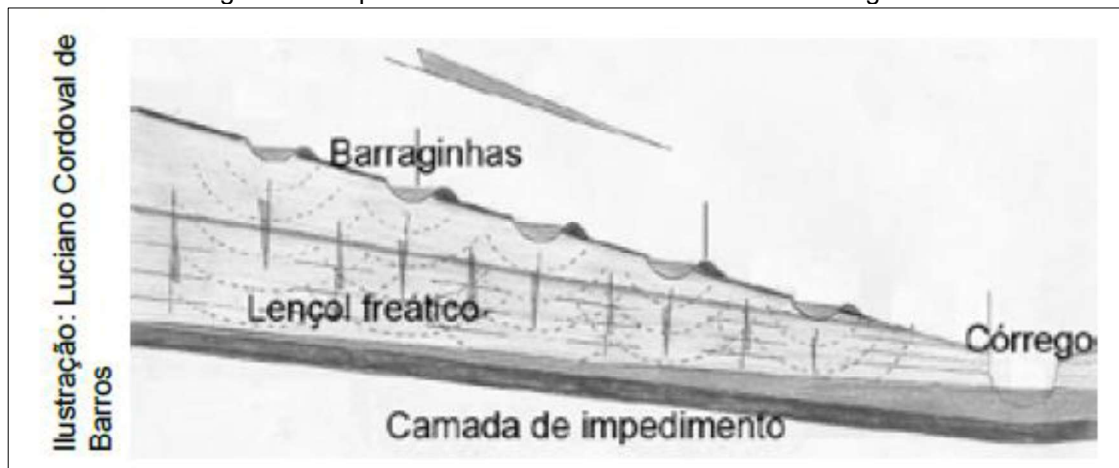
2.5 BARRAGINHAS

Para BARROS et al. (2009), barriguias são dispositivos construídos para reter temporariamente a água pluvial, evitando assim o surgimento de grandes erosões. Um sistema de barraguias pode ser construído ao longo de rodovias não pavimentadas para amortecer a enxurrada proveniente de escoamentos superficiais de massas de água.

Esse sistema evita erosões de maiores proporções além de auxiliar na recarga de lençóis freáticos da bacia na qual está inserida. As barraguias minimizam o carregamento de solo e consequentemente o assoreamento de cursos d'água. Dessa maneira, observa-se a importância ambiental desse dispositivo.

Segundo BARROS (2009) quanto mais rápido a água infiltrar no solo, mais eficiente é o sistema de barraguias. Isso pode ser traduzido como menos água escoando superficialmente. Também podemos assumir que essa eficiência vem do fato da barraguias conseguir receber um maior volume de água, uma vez que ela consegue absorver e deixar infiltrar para o solo, carregando os lençóis. Na Figura 8 temos um esquema de como funcionam as barraguias e como ocorre a recarga do lençol freático. Nessa figura temos um sistema de barraguias em sequência. Essa quantidade e espaçamento possuem cálculos específicos que não abordados neste trabalho.

Figura 8 - Esquema de funcionamento do Sistema Barraguias



Fonte: ABC da Agricultura Familiar (2009).

3 METODOLOGIA

Para o trabalho de conclusão de curso vigente, a metodologia aplicada foi a de estudo de caso com base na pesquisa bibliográfica, visitas ao local de estudo, utilização de *softwares* de destruição livre e de planilhas eletrônicas com distribuição massiva ao longo do globo. O *software* de distribuição livre se chama Terraço 4.1® e foi desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos, GPRH (2022) da Universidade Federal de Viçosa – UFV - e são de livre utilização e não podem ser comercializados.

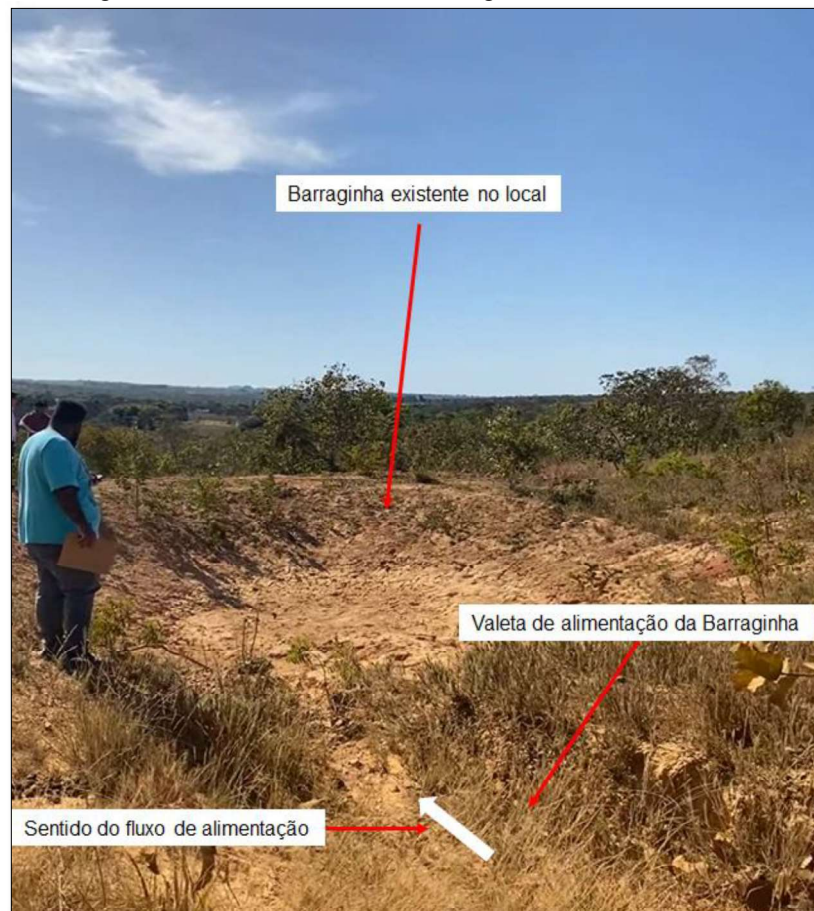
Dessa forma, o problema será explicado a partir de referências publicadas em artigos, livros, dissertações e teses e demonstrado de maneira prática através de uma situação de caso real, ou seja, um estudo de caso. Para auxílio ao desenvolvimento do estudo de caso, utilizaremos cálculos e análises.

Seguindo o objetivo proposto pelo estudo foram utilizados como material de pesquisa teórica artigos científicos provenientes de sites confiáveis, além de normas técnicas e relatórios de órgãos de prestígio na sociedade. Tudo isso para embasar e analisar os dados de forma técnica.

Devido a viabilidade de poder conhecer o local do estudo de caso em Curvelo, Minas Gerais, foram realizadas duas visitas de reconhecimento para tomada de fotos, para a realização de medições e confecção de relatórios. Também foram observadas características construtivas atuais do dispositivo já instalado em campo. Fato esse que pode ser observado na Figura 9. A Figura 9 apresenta a semiesfera da barraginha, suas valetas de condução de água pluvial e alimentação e o sentido de escoamento da água.

Na presente Figura 9, também é possível observar as características do solo do local, a presença de vegetação rasteira, pequenos arbustos espalhados. Essas características serão importantes para a classificação do solo utilizado em nossos cálculos.

Figura 9 - Características da barraginha do local de estudo



Fonte: Próprio autor (2022).

A metodologia propriamente dita se ateve à coleta de dados *in situ* com o auxílio de nível ótico modelo AL132, fabricante Foif ilustrado Figura 10. O medidor de distância digital com régua de nome comercial GLM80 + R60 do fabricante Bosch pode ser observado na Figura 11. Nessa mesma Figura 11 temos o GPS do tipo *eTrex 10* do fabricante Garmin. Todos os itens foram disponibilizados pelo CEFET-MG. A coleta de dados de pluviométricos foram realizadas em órgãos expoentes nesse assunto com informações coletadas da *internet*.

Foram feitas as simulações necessárias no *software* Terraço 4.1® e cálculos em planilhas. As duas atividades foram desenvolvidas para obtermos parâmetros de comparação e análise.

A visita em campo foi bem enriquecedora, pois através foi possível aplicar as técnicas aprendidas em sala de aula e tivemos a oportunidade de relembrar a teoria passada ao longo do curso.

Figura 10 - Nível ótico sendo utilizado em campo



Fonte: Próprio autor (2022).

Figura 11 - Trena digital e GPS

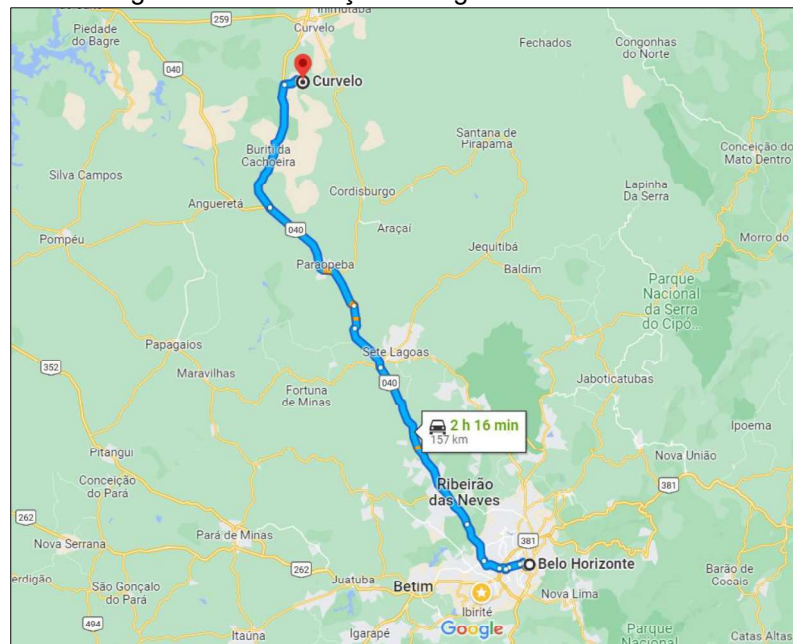


Fonte: Próprio autor (2022).

3.1 DETERMINAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

A área de estudo fica localizada no município de Curvelo no distrito de São Cruz com o nome da região de Angicos em Minas Gerais. A região fica situada a aproximadamente 157 km , Figura 12, de Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais.

Figura 12 - Localização da região de estudo



Fonte: MAPS (2022).

A cidade de Curvelo – MG tem uma população estimada em 81.085 pessoas dados estimados de 2021, IBGE (2021). A região está sob influência da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas SF5 (IGAM 2022). O município de Curvelo está inserido na bacia SF5 juntamente com outros 43 municípios com sede na bacia.

A região de estudo possui influência no curso d'água conhecido como Riacho Fundo. Em conversa com moradores e frequentadores da região, percebe-se a grande influência turística. A região de estudo serve basicamente para o deslocamento da população local e serve aos turistas para práticas de *motocross*.

Por ser um local com forte influência nos recursos naturais da região e possuir uma importância social considerável, decidiu-se estudar o dimensionamento das

barraginhas já existentes. Com base nas técnicas de conservação de vias e construção de barraginhas, foi desenvolvida uma análise crítica a respeito do assunto.

O caminho 1 exemplificado na Figura 13 apresenta elevação máxima de 686 metros e elevação mínima (local da barraginha) de 680 metros. Esses dados de elevação foram retirados diretamente do *Google Earth Pro*.

Figura 13 - Altimetria da região de contribuição da barraginha Alt1



Fonte: Próprio autor – Google Earth Pro (2022).

Já o caminho 2 ilustrado pela Figura 14 apresenta elevação máxima de 683 metros e elevação mínima (local da barraginha) de 680 metros. Enquanto o caminho 3 ilustrado pela Figura 15 apresenta elevação máxima de 685 metros e elevação mínima (local da barraginha) de 680 metros.

Mais uma vez é importante ressaltar que esses valores foram obtidos de maneira automática pelo software do *Google Earth Pro*TM. Na visita em campo, foram tomados alguns dados de inclinação, o que nos deu a segurança necessária para confirmação das informações acima. É de conhecimento que os dados do *Google Earth Pro*TM possuem algumas limitações mas foram suficientes para confirmar nossas estimativas de campo.

Figura 14 - Altimetria da região de contribuição da barraginha Alt2



Fonte: Próprio autor – Google Earth Pro (2022).

Figura 15 - Altimetria da região de contribuição da barraginha Alt3



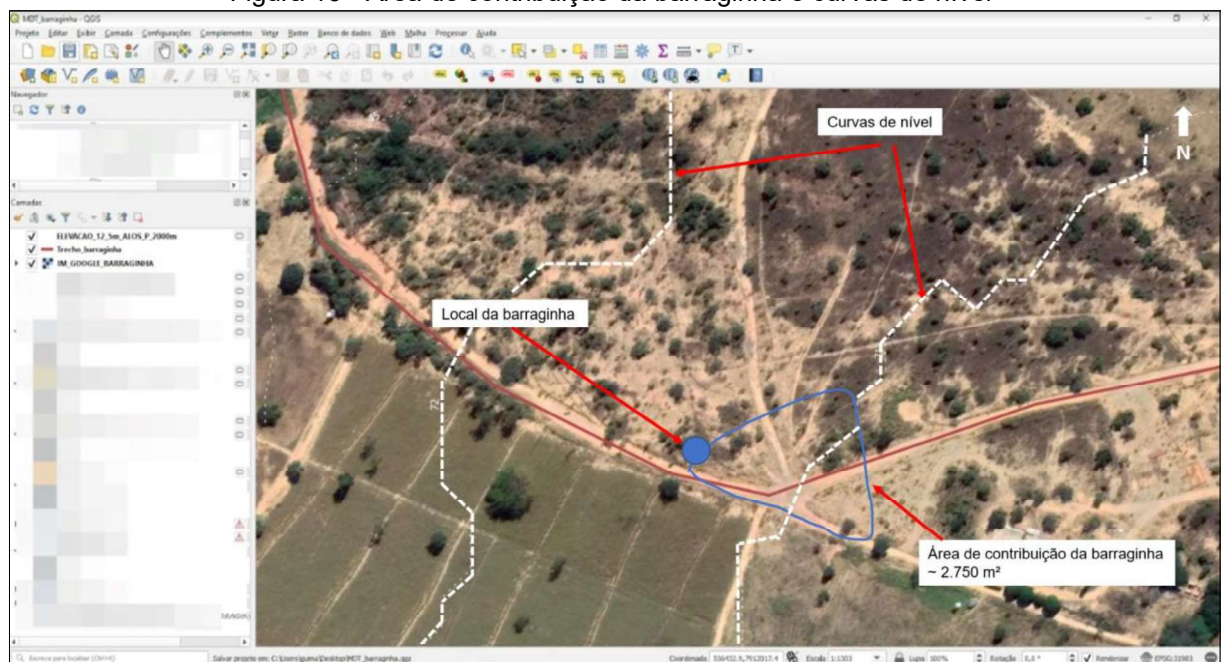
Fonte: Próprio autor – Google Earth Pro (2022).

Dessa maneira, temos que a elevação máxima tomada pelos 3 caminhos é de 686 metros e o destino desses caminhos termina na barraginha, com uma elevação de 680 metros. Importante ressaltar que todas essas medidas foram retiradas do *Google*

Earth Pro 2022™ e podem ser conferidas respectivamente nas Figura 13, Figura 14 e Figura 15.

Como podemos observar na Figura 16 a área de contribuição que afeta a barraginha é de aproximadamente 2.750 metros quadrados. Para isso, foram analisadas características de solo *in situ* e análises pelo *software* QGIS®. Para a construção das curvas de nível foram utilizadas informações da missão ALOS PALSAR. O Arquivo extraído da missão ALOS PALSAR possui resolução de 12,5 metros e está registrado e disponibilizado sob o nome *AP_27204_FBS_F6800_RT1*. Com esse documento, foi realizada uma estimativa das curvas de nível Figura 16 e estipulado a área de contribuição da precipitação escoada para a barraginha.

Figura 16 - Área de contribuição da barraginha e curvas de nível



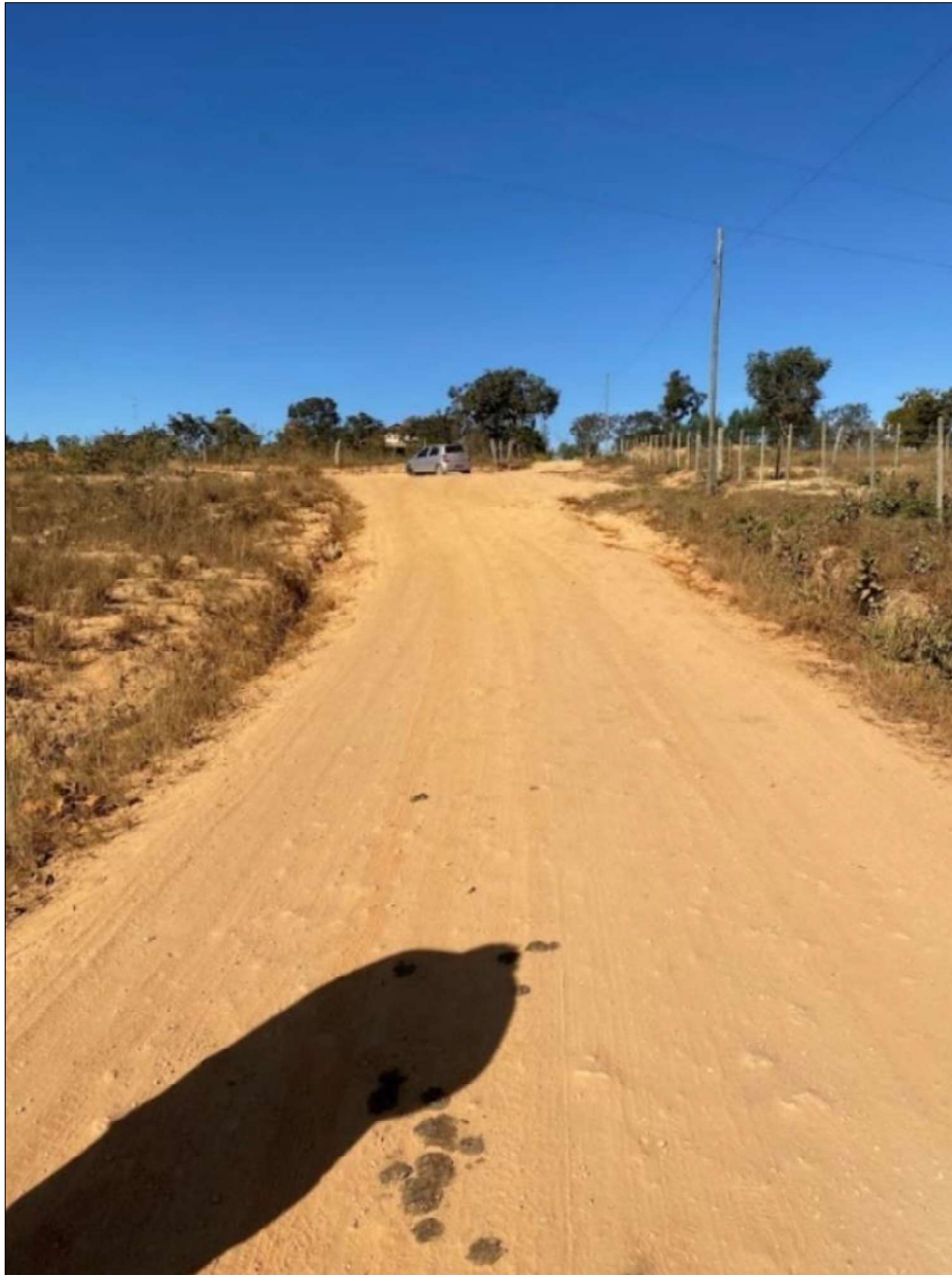
Fonte: Próprio autor – QGIS (2022).

Em visita de campo realizada no dia 07/09/2022, foi registrado por meio de câmera fotográfica parte da área de contribuição da barriginha já instalada no local. Podemos observar na Figura 17 que a via é não pavimentada.

O dia estava ensolarado e sem nuvens, fator importante que contribuiu para a coleta de dados, uma vez que estávamos expostos e os equipamentos são sensíveis a

chuva. Somado a isso, a geografia do local não permitiria um deslocamento com segurança caso tivéssemos presença de água em excesso.

Figura 17 - Área de contribuição | Via não pavimentada



Fonte: Próprio autor

Informações visuais presentes na Figura 17 como o tipo de via de não pavimentada, a área de contribuição, o tipo de solo e características da flora do local, serão informações importantes na determinação de alguns parâmetros a frente. Importante termos essa imagem em mente, para que seja feita as abstrações necessárias mais a seguir.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da visita em campo espera-se confrontar os métodos levantados nas referências da literatura com o que foi visto na prática. Dessa forma, como resultado a proposta é identificar os possíveis métodos que otimizem a conservação e evite as mazelas causadas pela ausência destes, assim como mostrar que um bom planejamento de drenagem preventiva pode evitar danos mais severos como a morte de pessoas ou isolamento geográfico de uma região.

Com o auxílio do software *Terraço 4.1*®, desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa pelo grupo GPRH Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos com grande contribuição do professor Fernando Falco Pruski, foi realizada uma simulação da dimensão da barraginha já instalada no local em questão. Os dados estão na Figura 18 e na Figura 19 e são utilizados internamente no *software Terraço 4.1* ®.

Figura 18 - Parâmetros da equação | Terraço 4.1



Fonte: Próprio autor adaptado do *software Terraço 4.1*

Figura 19 - Variação do raio com base na variação do Tie

Nome: TCC2 - Barraginha Curvelo Técnico: Aluno Guilherme Guimarães Estado: Minas Gerais		Empresa: CEFET MG Local: Belo Horizonte Data: 27/11/2022	
DADOS DE ENTRADA			
Parâmetros da equação de chuvas intensas T: 10 anos K: 2.314,72 a: 0,192 b: 30,523 c: 0,923		Estado: Minas Gerais Localidade: Curvelo Latitude: 18°45'23" Longitude: 44°25'51"	
Bacia de acumulação Formato: Semi-circular Profundidade: 3,800 m Área de contribuição: 2750,000 m ² Solo Taxa de infiltração estável (Tie): 5 mm/h	Bacia de acumulação Formato: Semi-circular Profundidade: 3,800 m Área de contribuição: 2750,000 m ² Solo Taxa de infiltração estável (Tie): 10 mm/h	Bacia de acumulação Formato: Semi-circular Profundidade: 3,800 m Área de contribuição: 2750,000 m ² Solo Taxa de infiltração estável (Tie): 15 mm/h	Bacia de acumulação Formato: Semi-circular Profundidade: 3,800 m Área de contribuição: 2750,000 m ² Solo Taxa de infiltração estável (Tie): 20 mm/h
RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS
Bacia de acumulação LES: 61,0 mm Volume: 167,8 m ³ Raio: 7,5 m	Bacia de acumulação LES: 49,0 mm Volume: 134,7 m ³ Raio: 6,7 m	Bacia de acumulação LES: 41,0 mm Volume: 112,8 m ³ Raio: 6,1 m	Bacia de acumulação LES: 35,0 mm Volume: 96,2 m ³ Raio: 5,7 m

Fonte: Terraço 4.1® (adaptado pelo autor) (2022)

A Tabela 6 foi confeccionada pelo autor. Os valores presentes nela, estão em centímetros e os dados foram coletados *in situ* com o nível ótico modelo AL132, fabricante Foif.

Tabela 6 - Dados coletados em campo com o nível ótico

	Ponto	Leitura superior	Leitura inferior	Leitura Média	Média Calculada	Altura do aparelho
ré	0	061,2	053,7	057,4	057,5	128,0
	1	168,8	165,8	167,3	167,3	128,0
	2	263,6	250,6	257,2	257,1	128,0
ré	3	096,3	089,6	092,9	093,0	120,0
vante	4	165,9	162,7	164,3	164,3	120,0
	5	247,8	235,2	241,5	241,5	120,0
	6	355,6	333,2	344,4	344,4	120,0
ré	7	071,8	055,5	063,6	063,7	122,0
vante	8	210,0	200,7	205,4	205,4	122,0
	9	247,8	237,7	242,7	242,8	122,0
	10	291,4	273,7	282,6	282,6	122,0
	11	244,3	228,7	236,5	236,5	122,0
vante	12	403,1	385,9	394,5	394,5	122,0

Fonte: Próprio autor (2022)

Conforme observado, foram feitas 12 leituras. Somando as leituras médias de ré obtemos um valor de 213,9 centímetros. Quando somamos as leituras médias de vante, obtemos um valor de 764,2 centímetros. Fazendo a diferença desses dois valores, chegamos a uma estimativa da diferença de nível da região de estudo de aproximadamente de 550,3 centímetros, números bem próximos ao apresentado pelo *Google Earth Pro*™.

4.1 METOLOGIA DE DIMENSIONAMENTO DE BARRAGINHA DE CONTENÇÃO

Apesar de popularmente ser considerada uma área de baixa precipitação, a cidade de Curvelo-MG, encontra-se numa região tropical, com maior incidência de chuvas concentradas nos meses de primavera e verão (Outubro a Março), destacando-se as ocorrências de dezembro e Janeiro. De acordo com Koppen-Geiger o clima é classificado como *Aw*, ou seja, clima savânico.

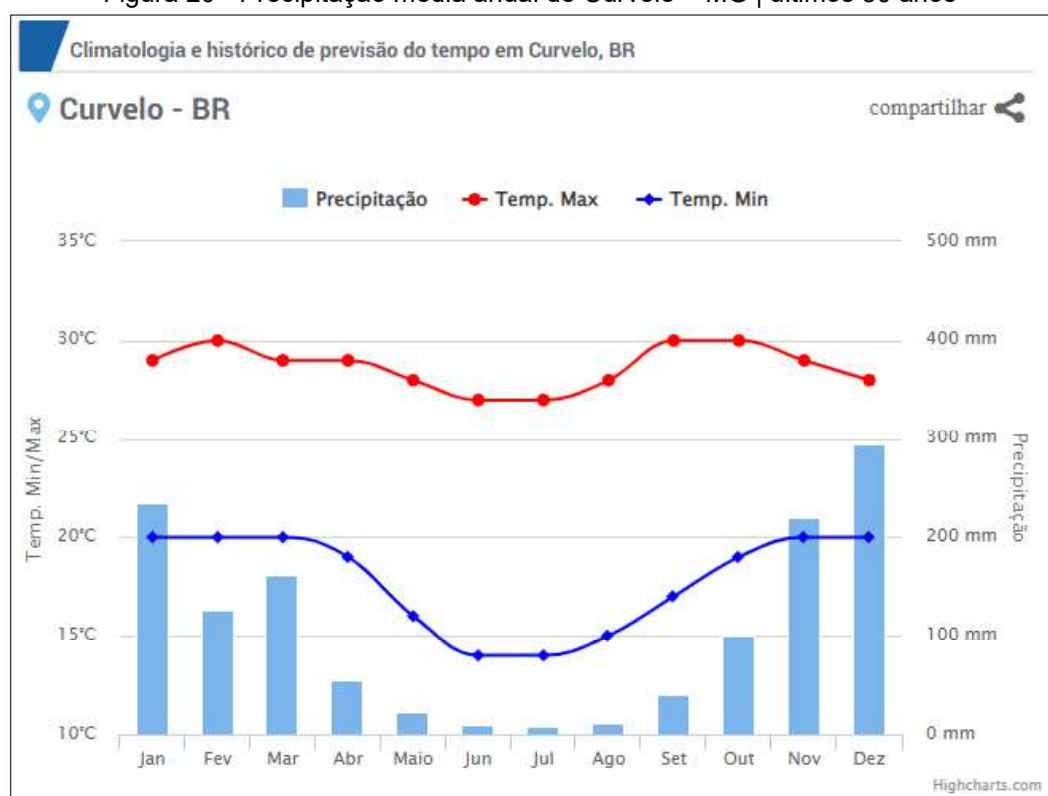
Para o dimensionamento do volume da bacia de contenção, foi considerada a média de precipitações dos últimos 30 anos, e das medias históricas da região, e como mostrado na Figura 20 e na Tabela 7.

Na Figura 20 são apresentados os dados que representam o comportamento da precipitação e temperaturas máximas e mínimas ao longo dos últimos 30 anos para a cidade de Curvelo – Minas Gerais. As médias climatológicas são valores calculados a partir de uma série de dados de 30 anos observados.

O gráfico em questão foi gerado no dia 15 do mês de novembro do ano de 2022. Nele é possível identificar as épocas com mais precipitações ou mais secas e as épocas em que temos uma média mensal de temperatura mais alta ou mais baixa.

Observando os dados da Tabela 7 temos que o valor da precipitação acumulada ao fim do período analisado e descrito pela Figura 20 foi de 1286 milímetros. Esse valor nos traz a uma média mensal de precipitação de aproximadamente 107 milímetros. Observando essa nova média mensal de 107 milímetros, chega-se a conclusão que os meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março apresentam precipitação superior. Enquanto os demais meses de abril, maio, junho, julho, agosto, setembro ficam bem abaixo. Um destaque e ponto de atenção fica para o mês de outubro com um valor de 101 milímetros, o que o deixa bem próximo da média acumulada mensal.

Figura 20 - Precipitação média anual de Curvelo – MG | últimos 30 anos



Fonte: CLIMATEMPO (2022)

Tabela 7 - Médias de temperatura e precipitação

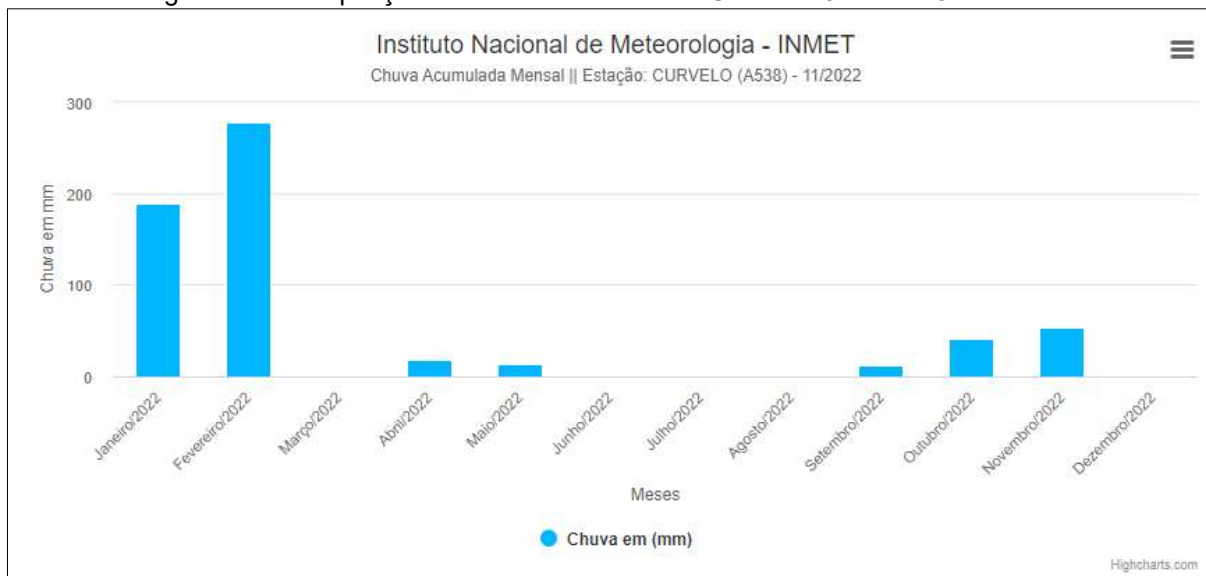
MÊS	Média Mínima (°C)	Média Máxima (°C)	Média Precipitação (mm)	Média Precipitação acumulada (mm)
Janeiro	20°	29°	234	234
Fevereiro	20°	30°	126	360
Março	20°	29°	162	522
Abril	19°	29°	55	577
Maio	16°	28°	23	600
Junho	14°	27°	9	609
Julho	14°	27°	8	617
Agosto	15°	28°	12	629
Setembro	17°	30°	41	670
Outubro	19°	30°	101	771
Novembro	20°	29°	220	991
Dezembro	20°	28°	295	1286

Fonte: Adaptado pelo autor CLIMATEMPO (2022)

Fazendo um *link* com a Figura 20, podemos confirmar que o padrão de precipitações mais intensas entre outubro é março se confirma na Figura 21. Nela, temos a precipitação acumulada mensal da estação CURVELO (A538) de janeiro de 2022 a

15 de novembro de 2022. Vale ressaltar que para o mês de novembro ainda não temos os dados fechados, mas podemos inferir que a tendência de ser maior que outubro, vide Figura 20, apresenta grandes possibilidade de se manter.

Figura 21 - Precipitação acumulada mensal em Curvelo 2022 até 15 novembro



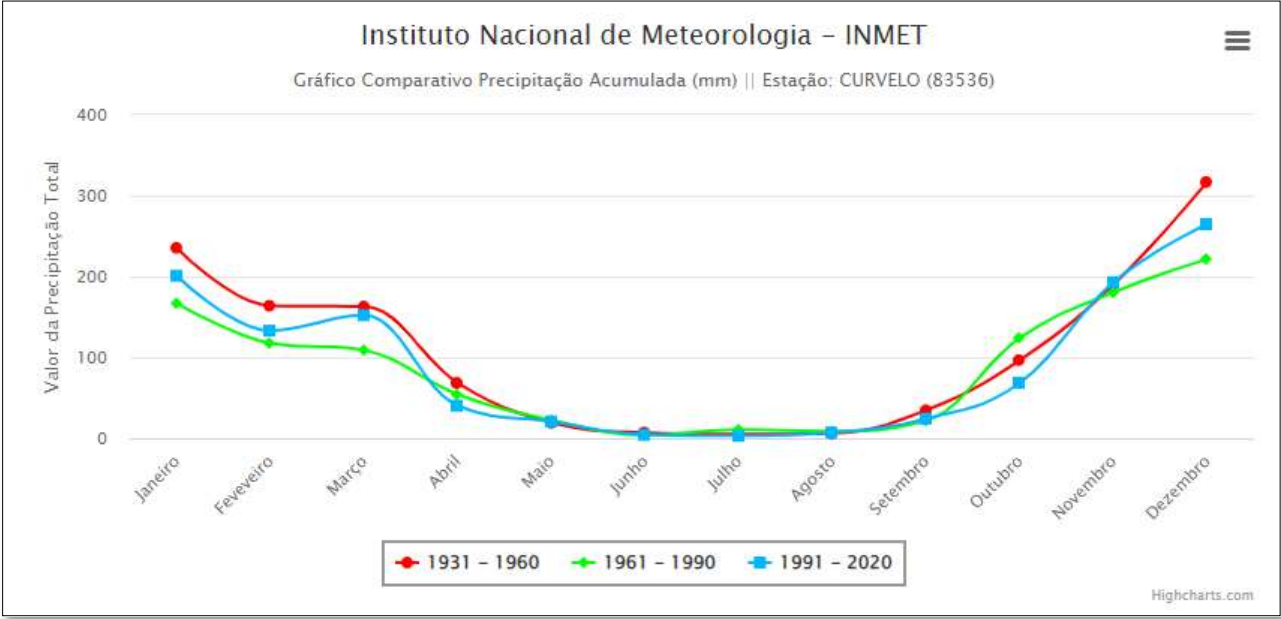
Fonte: INMET (2022)

Na Figura 22 observamos a mensuração das precipitações em Curvelo até o ano de 2020 pelas análises do INMET. A formação é muito semelhante as da Figura 20. Estes índices de precipitação foram gerados pela estação automática de Curvelo (INMET-A 538- localização: latitude: -18.75^0 e longitude: -44.45^0). Conforme mostrado na Figura 23.

A estação automática de Curvelo A538 foi a única localizada na região de estudo e representa bem o ciclo de chuvas do local de estudo. Essa estação fica localizada no aeroporto da cidade e fornece informações de navegação para os usuários do local.

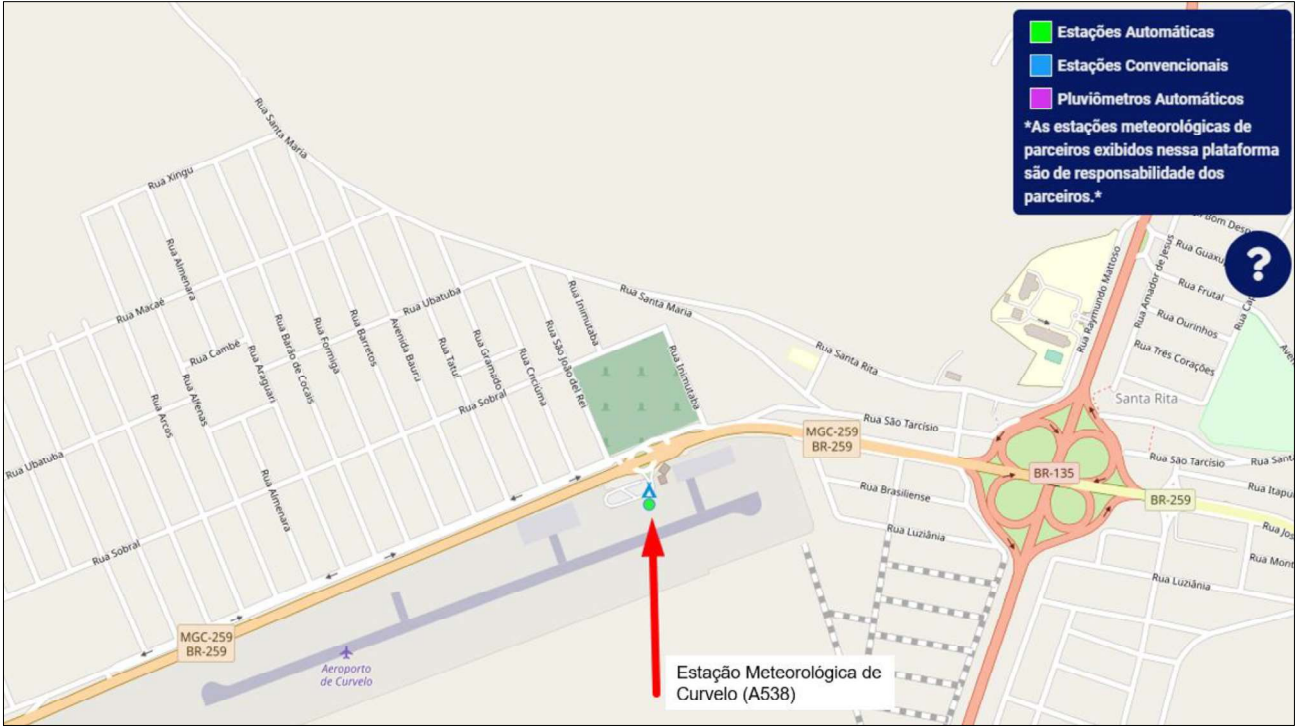
Ela está localizada internamente à cidade.

Figura 22 - Precipitação anual de Curvelo de 1931 a 2020.



Fonte: INMET (2022)

Figura 23 - Localização Geográfica da Estação meteorológica automática de Curvelo (A538).



Fonte: INMET (2022)

Tabela 8 - Dados históricos da estação de Curvelo - MG

MÊS	1931 - 1960	1961 - 1990	1991 - 2020
Janeiro	235,5	166,9	201
Fevereiro	163,9	117,6	133,1
Março	162,9	109	152,3
Abril	68,4	54,2	40,3
Maio	19,3	22,6	20,7
Junho	7	3,9	4,4
Julho	4,9	10,6	3,1
Agosto	6,1	8,7	7,1
Setembro	34,7	21,9	24,2
Outubro	96,6	124,2	68,6
Novembro	190	180,4	193
Dezembro	316,9	221,6	264,8
TOTAL	1306,2	1041,6	1112,6

Fonte: Adaptado pelo autor INMET (2022)

Tomando por base a Tabela 8, é possível observar que a média anual entre 1931 e 2020 de precipitação é de aproximadamente 1.154 milímetros. Essa informação será utilizada posteriormente nas equações que virão a seguir.

Conforme equação [1], o volume total da bacia de contenção será igual a área multiplicada pelo escoamento superficial causado pela precipitação. Segundo Pruski (2009):

$$V = \frac{A_{\text{contrib}} \times ES}{1000} \quad [1]$$

Onde:

V= volume de água a ser armazenado pela barragem em m³ ;

Acontrib= área de contribuição para a barragem em m² ; e

ES= lâmina de escoamento superficial em mm.

Para a área de contribuição, Acontrib, utilizaremos o valor de 2750 metros quadrados Figura 16 e para o ES utilizaremos a média anual entre 1931 e 2020 que é de 1154 milímetros aproximadamente.

$$V = \frac{A_{contrib} \times ES}{1000} \quad [1]$$

$$V = 2750,00 \, m^2 * \frac{1154}{1000} \, mm$$

$$V = 3173,5 \, m^3$$

Dessa forma, temos que o volume total da bacia de contenção de $V = 3173,5 \, m^3$

O objetivo aqui nessa pesquisa é que a bacia de contenção possa reter o máximo do volume escoado na área, o dimensionamento está sendo feito para que a barraginha suporte esse volume de precipitação anual total desprezando as perdas iniciais, ou suprimindo o valor da evaporação.

No ciclo hidrológico, a precipitação total não representa o total escoado, pois existem as perdas por infiltração, as perdas que ficam retidas no solo e as perdas por evaporação. Aqui de difícil medição.

Para estimar o escoamento superficial, o método do número da curva (CN) utiliza informações relativas à precipitação e ao complexo hidrológico solo vegetação definido pelo SCS-USDA, que considera o tipo, o uso, a umidade inicial e a condição hidrológica do solo. O método do número da curva foi desenvolvido a partir da análise de grande número de precipitações, sendo o escoamento superficial expresso pela equação 2:

$$ES = \frac{(PT - Ia)^2}{PT + 0,80 \, S} \quad [2]$$

em que:

ES = escoamento superficial, mm;

PT = precipitação total, mm;

Ia = abstrações iniciais, mm, e

S = capacidade máxima de infiltração, mm.

Como a determinação das abstrações iniciais (Ia) é um tanto quanto complexa, tomaremos esse valor como sendo 20 por cento S (capacidade máxima de infiltração), o que resulta na equação 3. Sendo os parâmetros os mesmos dos anteriores.

$$ES = \frac{(PT - 0,20 S)^2}{PT + 0,80 S} \quad [3]$$

Visando à simplificação do emprego do método do número da curva, a precipitação recomendada para uso no método é aquela correspondente ao total precipitado para determinado tempo de retorno e duração de precipitação requerido (normalmente 6, 12 ou 24 h), sendo determinada a partir de dados pluviométricos. A capacidade máxima de infiltração é obtida pela equação 4:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad [4]$$

em que CN é o número da curva, que define o complexo hidrológico solo-vegetação, e os valores numéricos são coeficientes para ajuste de unidades.

O valor das abstrações iniciais (Ia), representa aproximadamente 20% da capacidade máxima de infiltração da água no solo, sendo descrita pela equação 5:

$$Ia = 0,20 \times S \quad [5]$$

O valor de CN é obtido pela classificação dos solos. Os tipos de solos identificados são os seguintes:

Solo A: solos que produzem baixo escoamento superficial e alta infiltração.

Solos arenosos profundos com pouco silte e argila;

Solo B: Solos menos permeáveis do que o anterior, solos arenosos menos profundo do que o tipo A e com permeabilidade superior à média

Solo C: Solos que geram escoamento superficial acima da média e com capacidade de infiltração abaixo da média, contendo percentagem considerável de argila e pouco profundo;

Solo D: Solos contendo argilas expansivas e pouco profundos com muita baixa capacidade de infiltração, gerando a maior proporção de escoamento superficial.

Nosso solo está entre o tipo C e D, ou seja, solos que geram escoamento superficial acima da média e com capacidade de infiltração abaixo da média, contendo percentagem considerável de argila e pouco profundo e também solos contendo argilas expansivas e pouco profundos com muita baixa capacidade de infiltração, gerando maior proporção de escoamento superficial. Dito isso, tomaremos um valor médio entre os solos C e D. Esse valor pode ser observado e conferido na Tabela 9 seguinte.

A Tabela 9 apresenta 11 tipos de solo que são: Solo Lavrado, plantações regulares, plantações de cereais, plantações de legumes ou cultivados, pastagens, campos permanentes, chacáras estradas de terra, florestas e medidas de lotes com um certo grau de impermeabilidade.

Apoós isso, temos as caracterizações das superfícies. Essas caracterizações são importantes pois influencia diretamente na dinâmica, escoamento superficial – solo. Os dados presentes na Tabela 9 foram levantados pela SCS – USDA, órgão responsável pelo mapeamento e controle de dados dos solos norte americanos. Após estudos, foi possível abstrair valores que resultaram na Tabela 10.

Tabela 9 - Valores do parâmetro CN para bacias rurais

TIPO DE SOLO	SUPERFÍCIE	A	B	C	D
Solo lavrado	com sulcos retilíneos	77	86	91	94
	em fileiras retas	70	80	87	90
Plantações regulares	em curvas de nível	67	77	83	87
	terraceado em nível	64	76	84	88
	em fileiras retas	64	76	84	88
Plantações de cereais	em curvas de nível	62	74	82	85
	terraceado em nível	60	71	79	82
	em fileiras retas	62	75	83	87
Plantações de legumes ou cultivados	em curvas de nível	60	72	81	84
	terraceado em nível	57	70	78	89
	Pobres	68	79	86	89
	Normais	49	69	79	94
	Boas	39	61	74	80
Pastagens	Pobres, em curvas de nível	47	67	81	88
	Normais, em curva de nível	25	59	75	83
	Boas, em curva de nível	6	35	70	79
Campos permanentes	Normais	30	58	71	78
	Esparsas, de baixa transpiração	45	66	77	83
	Normais	36	60	73	79
	Densas, de alta transpiração	25	55	70	77
Chácaras Estradas de terra	Normais	56	75	86	91
	Más	72	82	87	89
	de superfície dura	74	84	90	92
Florestas	muito esparsas, baixa transpiração	56	75	86	91
	esparsas	46	68	78	84
	densas, alta transpiração	26	52	62	69
	normais	36	60	70	76
lotes de (m ²)	% média impermeável				
< 500	65	77	85	90	92
1000	38	61	75	83	87
1300	30	57	72	81	86
2000	25	54	70	80	85
4000	20	51	68	79	84
Parque de estacionamento, telhados, viadutos, etc		98	98	98	98
Arruamento e estradas	Asfaltadas e com drenagem de águas pluviais	98	98	98	98
	paralelepípedos	76	85	89	91
	terra	72	82	87	89

Fonte: Próprio autor adaptado de TUCCI (2004)

O valor médio para o tipo de solo da região de estudo, pode ser observado na Tabela 10.

Foram utilizados 3 tipos de solo (Campos Permanentes, Pastagens, Chácaras estradas de terra) e 3 tipos de superfície (Normal, esparsas com baixa transpiração, normais em curva de nível e más) Os cálculos foram detalhados na Tabela 10. Nesse momento vemos a importância da visita e da Figura 17

Tabela 10 - Valor médio do CN

TIPO DE SOLO	SUPERFÍCIE	A	B	C	D
Campos permanentes	Normais	30	58	71	78
	Esparsas, de baixa transpiração	45	66	77	83
Pastagens	Normais, em curva de nível	25	59	75	83
Chácaras Estradas de terra	Más	72	82	87	89
Soma				310	333
Média parcial				77,5	83,25
Média final				80,38	

Fonte: Próprio autor adaptado de TUCCI (2004)

Substituindo o valor de CN médio na equação 4, temos o valor de S de 61,99:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad [4]$$

$$S = \frac{25400}{80,38} - 254$$

$$S = 61,99$$

Substituindo o valor de S calculado na equação 5 temos um Ia de 12,39:

$$Ia = 0,20 \times S \quad [5]$$

$$Ia = 0,20 \times 61,99$$

$$Ia = 12,39$$

Substituindo S , Ia e PT como a precipitação máximo mensal de 264,8 mm (dezembro de 1991 a 2020) Tabela 8 na equação 3, temos:

$$ES = \frac{(PT - 0,20 S)^2}{PT + 0,80 S} \quad [3]$$

$$ES = \frac{(264,8 - 0,20 * 61,99)^2}{264,8 + 0,80 * 61,99}$$

$$ES = \frac{63707}{314,39}$$

$$ES = 202,63 \text{ mm}$$

Substituindo o valor encontrado de *ES* na equação 1 temos o volume de contribuição da barraginha por Pruski (2009) pelo método desenvolvido na SCS-USDA. A *Acontrib* é de 2750 metros quadrados Figura 16.

$$V = \frac{A_{contrib} \times ES}{1000} \quad [1]$$

$$V = \frac{2750 \times 202,63}{1000}$$

$$V = \frac{557246}{1000}$$

$$V = 557,25 \text{ metros cúbicos}$$

Outra maneira de calcular:

A Tabela 11 lista os coeficientes que mais se adequam a região.

Tabela 11 - Coeficientes que mais se adequam a região

Autor	Característica analisada	Característica da área de estudo	Coeficiente C
Porto, 1995	Ocupação do solo	Partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados e campos de esportes sem pavimentação.	0,05 a 0,20
UFCG, 2014	Natureza da superfície	Encascalhadas	0,15 a 0,30
ASCE, 1969	Topografia	Plano (2%)	0,13 a 0,17
Williams (1949 apud TUCCI, 2000)	Solo	Permeabilidade média	0,2

Fonte: Junior (2021)

Conforme analisado na Tabela 11, o coeficiente C para a área de estudo varia de 0,05 a 0,3. Para o projeto foi determinado o valor de 0,30, com base nos valores descritos para diferentes autores e confirmação *in situ* da situação do local. Tendo em visto que

as barraginhas são obras com um apelo social importante, é interessante que se tenha uma majoração dos valores de segurança conforme equação 8.

$$V = 2750,00 \text{ m}^2 * \frac{1154 \text{ mm}}{1000} * 0,30 \quad [8]$$

$$V = 952,05 \text{ m}^3$$

Para se determinar as características geométricas das barraginhas semicirculares e retangulares devem ser adotados os procedimentos que se seguem. Deve-se considerar, para o dimensionamento de bacias semicirculares, a profundidade máxima (Hmax), sendo o raio obtido por meio da equação 9:

$$R = \sqrt{\frac{4 \times V}{\pi \times H \text{ máx}}} \quad [9]$$

Onde:

R= raio da barraginha semicircular em m;

V= volume de acumulação em m³;

Hmax= profundidade máxima em metros

Os resultados podem ser verificados na Tabela 12.

Conforme observado na Tabela 12, os valores de Hmax e do raio ainda estão bem exagerados. Devemos nos atentar, que as barraginhas serão construídas na beira de rodovias não pavimentadas e um equipamento dessas dimensões pode trazer outros problemas para a sociedade, como aumento do número de acidentes, perda de animais e até perda de área cultivável. Dessa maneira, iremos fazer uma adaptação na equação 8

1. Tomaremos a maior valor mensal de precipitação da Tabela 8 que é de 316,9 milímetros (dezembro de 1931 a 1960). Esse valor está acima do valor acumulado para o mês de fevereiro do ano de 2022 Figura 21.

Os efeitos dessas modificações na equação 8 nos dará um novo volume de 261,44 metros cúbicos.

Os resultados podem ser observados na Tabela 13.

Tabela 12 - Variação do raio em função de Hmax e da precipitação

seq.	Volume total (mm) Equação 1	Volume parcial (mm) Equação 8	Volume adaptado (mm) Equação 8	Hmax (m) Equação 9	Raio total (m)	Raio Parcial (m)
1	3173,50	952,05	261,44	0,50	89,90	49,24
2	3173,50	952,05	261,44	1,00	63,57	34,82
3	3173,50	952,05	261,44	1,50	51,90	28,43
4	3173,50	952,05	261,44	2,00	44,95	24,62
5	3173,50	952,05	261,44	2,50	40,20	22,02
6	3173,50	952,05	261,44	3,00	36,70	20,10
7	3173,50	952,05	261,44	3,50	33,98	18,61
8	3173,50	952,05	261,44	4,00	31,78	17,41
9	3173,50	952,05	261,44	4,50	29,97	16,41
10	3173,50	952,05	261,44	5,00	28,43	15,57
11	3173,50	952,05	261,44	5,50	27,10	14,85
12	3173,50	952,05	261,44	6,00	25,95	14,21
13	3173,50	952,05	261,44	6,50	24,93	13,66
14	3173,50	952,05	261,44	7,00	24,03	13,16
15	3173,50	952,05	261,44	7,50	23,21	12,71
16	3173,50	952,05	261,44	8,00	22,47	12,31
17	3173,50	952,05	261,44	8,50	21,80	11,94
18	3173,50	952,05	261,44	9,00	21,19	11,61
19	3173,50	952,05	261,44	9,50	20,62	11,30
20	3173,50	952,05	261,44	10,00	20,10	11,01
21	3173,50	952,05	261,44	10,50	19,62	10,74
22	3173,50	952,05	261,44	11,00	19,17	10,50
23	3173,50	952,05	261,44	11,50	18,74	10,27
24	3173,50	952,05	261,44	12,00	18,35	10,05
25	3173,50	952,05	261,44	12,50	17,98	9,85

Fonte: Próprio autor (2022)

Tabela 13 - Novo valor de raio em função do novo valor de precipitação

seq.	Volume total (mm) Equação 1	Volume parcial (mm) Equação 8	Volume adaptado (mm) Equação 8	Hmax (m) Equação 9	Raio total (m)	Raio Parcial (m)	Raio Adaptado (m)
1	3173,50	952,05	261,44	0,50	89,90	49,24	25,00
2	3173,50	952,05	261,44	1,00	63,57	34,82	18,24
3	3173,50	952,05	261,44	1,50	51,90	28,43	14,90
4	3173,50	952,05	261,44	2,00	44,95	24,62	12,90
5	3173,50	952,05	261,44	2,50	40,20	22,02	11,54
6	3173,50	952,05	261,44	3,00	36,70	20,10	10,53
7	3173,50	952,05	261,44	3,50	33,98	18,61	9,75
8	3173,50	952,05	261,44	4,00	31,78	17,41	9,12
9	3173,50	952,05	261,44	4,50	29,97	16,41	8,60
10	3173,50	952,05	261,44	5,00	28,43	15,57	8,16
11	3173,50	952,05	261,44	5,50	27,10	14,85	7,78
12	3173,50	952,05	261,44	6,00	25,95	14,21	7,45
13	3173,50	952,05	261,44	6,50	24,93	13,66	7,16
14	3173,50	952,05	261,44	7,00	24,03	13,16	6,90
15	3173,50	952,05	261,44	7,50	23,21	12,71	6,66
16	3173,50	952,05	261,44	8,00	22,47	12,31	6,45
17	3173,50	952,05	261,44	8,50	21,80	11,94	6,26
18	3173,50	952,05	261,44	9,00	21,19	11,61	6,08
19	3173,50	952,05	261,44	9,50	20,62	11,30	5,92
20	3173,50	952,05	261,44	10,00	20,10	11,01	5,77
21	3173,50	952,05	261,44	10,50	19,62	10,74	5,63
22	3173,50	952,05	261,44	11,00	19,17	10,50	5,50
23	3173,50	952,05	261,44	11,50	18,74	10,27	5,38
24	3173,50	952,05	261,44	12,00	18,35	10,05	5,27
25	3173,50	952,05	261,44	12,50	17,98	9,85	5,16

Fonte: Próprio autor (2022)

5 CONCLUSÃO

Tomando por base a revisão bibliográfica anteriormente apresentada e os cálculos segundo SCS-USDA e os valores de raio do *software* Terraço 4.1® temos que o raio da barraginha deve ser entre 14,90 metros e 6,88 metros Tabela 14.

Quando observada a Tabela 14 para os valores de raio nessa tabela, temos que a profundidade da barraginha Hmax deve estar entre 4,50 e 1,50 metros (seq 3 a 9). Recomenda-se o valor próximo de 4,50 metros, conforme observado em projeto gerado em escala no *Autocad* mostrado na Figura 24, pois esse valor nos garante a segurança, a possibilidade de construção com equipamentos disponíveis em campo como pás carregadeiras, rolos compressores e compactadores manuais, além de facilitar a manutenção, como remoção de galhos e outros objetos não desejados.

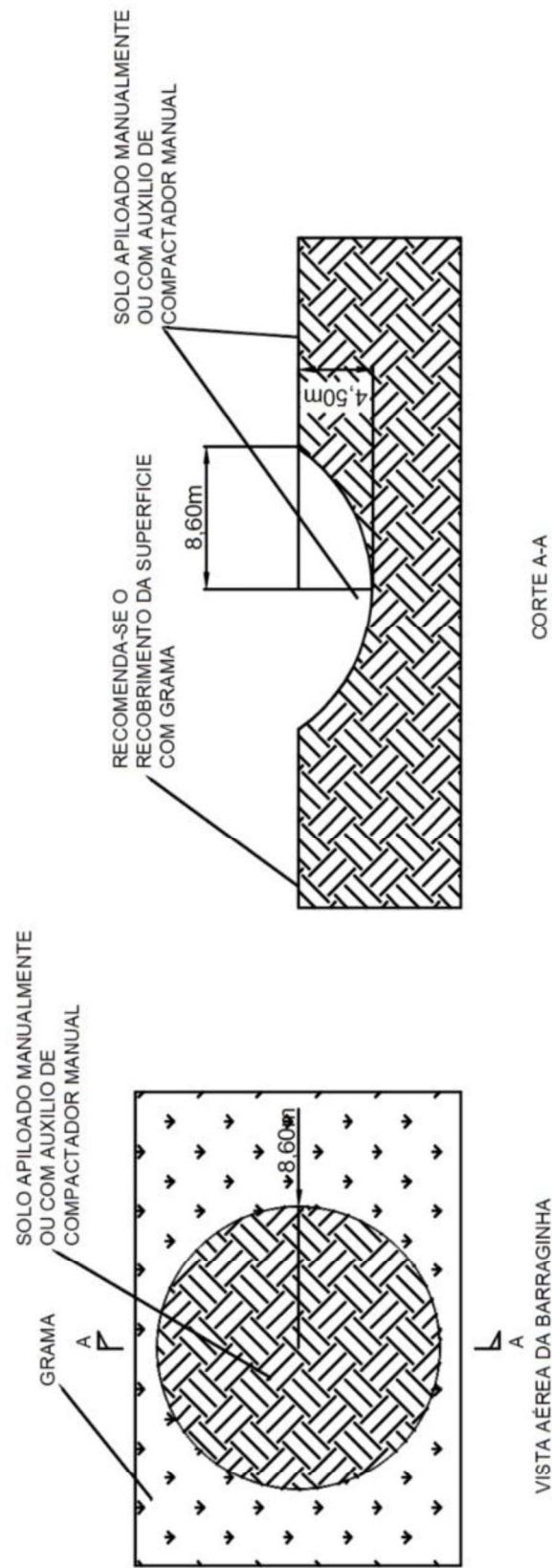
Tabela 14 - Resultados finais

seq.	Volume total (mm) Equação 1	Volume parcial 30% do total (mm) Equação 8	Volume adaptado (mm) Equação 8	Volume método SCS-USDA	Volume parcial 30% método SCS-USDA	Hmax (m) Equação 9	Raio total (m)	Raio Parcial (m)	Raio Adaptado (m)	Raio SCS-USDA (m)	Raio SCS-USDA (m)
1	3173,50	952,05	261,44	557,25	167,18	0,50	89,90	49,24	25,80	37,67	20,63
2	3173,50	952,05	261,44	557,25	167,18	1,00	63,57	34,82	18,24	26,64	14,59
3	3173,50	952,05	261,44	557,25	167,18	1,50	51,90	28,43	14,90	21,75	11,91
4	3173,50	952,05	261,44	557,25	167,18	2,00	44,95	24,62	12,90	18,83	10,32
5	3173,50	952,05	261,44	557,25	167,18	2,50	40,20	22,02	11,54	16,85	9,23
6	3173,50	952,05	261,44	557,25	167,18	3,00	36,70	20,10	10,53	15,38	8,42
7	3173,50	952,05	261,44	557,25	167,18	3,50	33,98	18,61	9,75	14,24	7,80
8	3173,50	952,05	261,44	557,25	167,18	4,00	31,78	17,41	9,12	13,32	7,29
9	3173,50	952,05	261,44	557,25	167,18	4,50	29,97	16,41	8,60	12,56	6,88
10	3173,50	952,05	261,44	557,25	167,18	5,00	28,43	15,57	8,16	11,91	6,52
11	3173,50	952,05	261,44	557,25	167,18	5,50	27,10	14,85	7,78	11,30	6,22
12	3173,50	952,05	261,44	557,25	167,18	6,00	25,95	14,21	7,45	10,87	5,96
13	3173,50	952,05	261,44	557,25	167,18	6,50	24,93	13,66	7,16	10,45	5,72
14	3173,50	952,05	261,44	557,25	167,18	7,00	24,03	13,16	6,90	10,07	5,51
15	3173,50	952,05	261,44	557,25	167,18	7,50	23,21	12,71	6,66	9,73	5,33
16	3173,50	952,05	261,44	557,25	167,18	8,00	22,47	12,31	6,45	9,42	5,16
17	3173,50	952,05	261,44	557,25	167,18	8,50	21,80	11,94	6,26	9,14	5,00
18	3173,50	952,05	261,44	557,25	167,18	9,00	21,19	11,61	6,08	8,88	4,86
19	3173,50	952,05	261,44	557,25	167,18	9,50	20,62	11,30	5,92	8,64	4,73
20	3173,50	952,05	261,44	557,25	167,18	10,00	20,10	11,01	5,77	8,42	4,61
21	3173,50	952,05	261,44	557,25	167,18	10,50	19,62	10,74	5,63	8,22	4,50
22	3173,50	952,05	261,44	557,25	167,18	11,00	19,17	10,50	5,50	8,03	4,40
23	3173,50	952,05	261,44	557,25	167,18	11,50	18,74	10,27	5,38	7,85	4,30
24	3173,50	952,05	261,44	557,25	167,18	12,00	18,35	10,05	5,27	7,69	4,21
25	3173,50	952,05	261,44	557,25	167,18	12,50	17,98	9,85	5,16	7,53	4,13

Fonte: Próprio autor (2022)

A construção de dispositivos de contenção de água oriunda do escoamento superficial de precipitação dessa natureza, permite a reposição dos lençóis freáticos e proteção dos cursos de rios e estradas não pavimentadas (BARROS 2009).

Figura 24 – Projeto em escala da barraginha dimensionada

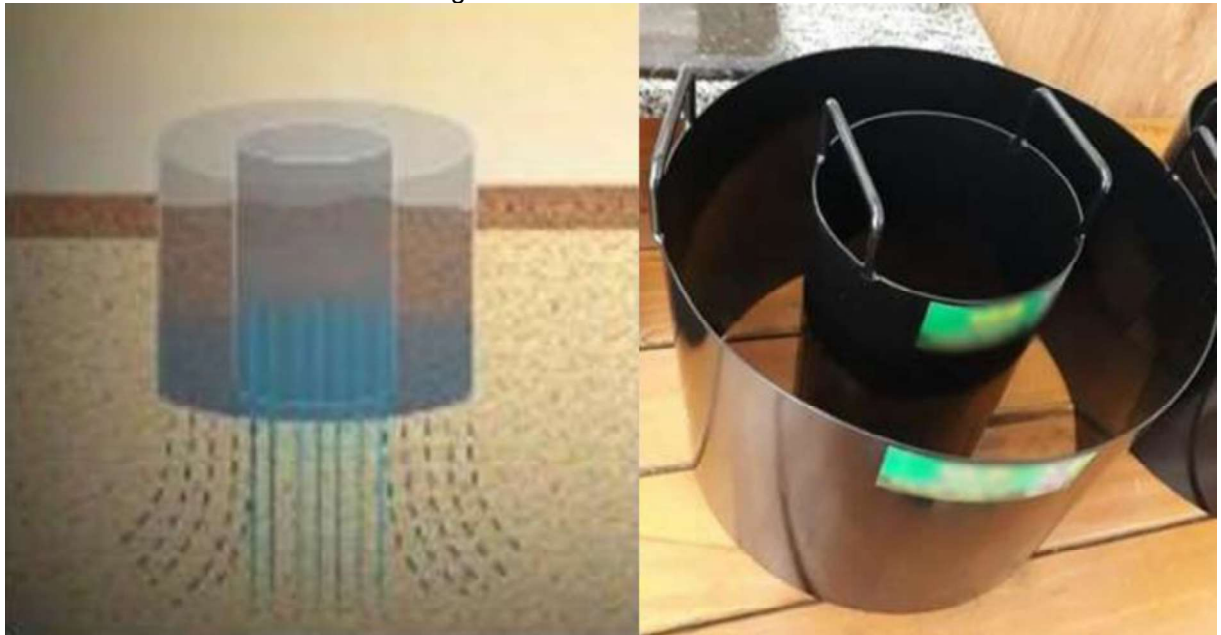


Fonte: Próprio autor (2022)

6 TRABALHOS FUTUROS

Como contribuição para trabalhos futuros, é recomendado a verificação dos valores de Taxa de infiltração efetiva (T_{ie}). No presente estudo foram simulados valores presentes na Figura 19 pois não dispúnhamos de equipamentos como o Infiltrômetro de anel exemplificado na Figura 25. Dessa maneira, será possível aperfeiçoar os cálculos e garantir melhor emprego dos recursos disponíveis em campo.

Figura 25 - Infiltrômetro de anel



Fonte: Próprio autor adaptado de POZZAN (2018)

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, A. C.; NOVAES, A. G. N. **Logística Aplicada. 3.ed.** São Paulo: Blücher, 2000.

ALVARENGA, Henrique. **Matriz de transportes do Brasil à espera dos investimentos. ESPECIALISTAS EM LOGÍSTICA E SUPPLY CHAIN – ILOS.** 2020. Disponível em: <https://www.ilos.com.br/web/tag/matriz-de-transportes/>. Acesso em: 08 de janeiro de 2022.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Teste do infiltrômetro de anel.** Disponível em: <<https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/handle/ana/134>> Acesso em: 03 nov. 2017.

ANTT, Agência Nacional de Transportes Terrestres, **BR-381/262/MG/ES**, gov.br. 2019. Disponível em: <https://portal.antt.gov.br/br-381-262-mg-es>. Acesso em: 08 de janeiro de 2022

ARCOLINI, Tatiana. BARRADAS, Paula. **Como e por que fazer um sistema de drenagem para rodovias.** AECWeb, 2019. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/como-e-por-que-fazer-um-sistema-de-drenagem-para-rodovias/7943> Acesso em: 08 de janeiro de 2022

ARNOLD, J. R. Tony. **Administração de Materiais. 1.ed.** São Paulo: Atlas, 1999.

BALLOU, Ronald. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos. 4.ed.** Porto Alegre: Bookman, 2001.

BARROS, L. C. de; RIBEIRO, P. E. de A. **Barraginhas: água de chuva para todos. 1. ed.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009., 2009.

BIT, **Banco de Informações e Mapas de Transportes**, Brasília: Ministério dos transportes, 2013. Disponível em: <http://www2.transportes.gov.br/bit/02-rodo/rodo.html>. Acesso em: 08 de janeiro de 2022.

BERTAGLIA, Paulo Roberto. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Abastecimento. 1.ed.** São Paulo: Saraiva, 2003

CAIXETA FILHO, José Vicente; MARTINS, Ricardo Silveira. **Gestão Logística do Transporte de Cargas.** São Paulo: Atlas, 2001

CLIMATEMPO. **Climatologia em Curvelo**, BR. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/climatologia/134/curvelo-mg> . Acesso em: 15 de novembro de 2022

CNT. Confederação Nacional do Transporte. **ANUÁRIO CNT DO TRANSPORTE 2018**, 2018; Disponível em: <https://anuariodotransporte.cnt.org.br/2018/> Acesso em: 08 de janeiro de 2022.

CNT Confederação Nacional do Transporte, **Transporte rodoviário: desempenho do setor, infraestrutura e investimentos**. 2019. Disponível em: <https://cnt.org.br/agencia-cnt/transporte-rodoviario-desempenho-infraestrutura-investimentos>. Acesso em: 08 de janeiro de 2022.

CURIEL, Marcos Ramos Flores, **Demanda de carga aérea internacional na Venezuela: um estudo da distribuição da demanda envolvendo cenários alternativos para a inclusão de um novo TECA internacional na base aérea “EL LIBERTADOR”**. 2001. Tese (Mestrado em Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica) – ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos. Disponível em: http://www.bdita.bibl.ita.br/tesesdigitais/verifica_session.php?num_tese=000465205&origem=BDITA. Acesso em: 08 de janeiro de 2022.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de conservação rodoviária. 2 ed.** Publicação IPR 710. Rio de Janeiro, 2005. https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/710_manual_de_conservacao_rodoviaria.pdf Acesso em: 08 de janeiro de 2022.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de drenagem de rodovias. Publicação IPR 724. 2 ed.** Rio de Janeiro: DNIT, 2006. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/724_manual_drenagem_rodovias.pdf Acesso em: 08 de janeiro de 2022.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Sistema Nacional de Viação, 2015.** Disponível em: [http://servicos.dnit.gov.br/dnitcloud/index.php/s/oTpPRmYs5AAdiNr?path=%2FSNV%20Planilhas%20\(2011-Atual\)%20\(XLS\)Arquivo%20SNV_201503A](http://servicos.dnit.gov.br/dnitcloud/index.php/s/oTpPRmYs5AAdiNr?path=%2FSNV%20Planilhas%20(2011-Atual)%20(XLS)Arquivo%20SNV_201503A). Acesso em: 02 de novembro de 2022.

FARIA, Ana Cristina de; COSTA, Maria de Fátima Gameiro da. **Gestão de Custos Logísticos**. São Paulo: Editora Atlas, 2005.

FIGUEIREDO, Kleber Fossati; FLEURY, Paulo Fernando; WANKE, Peter. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento do fluxo de produtos e dos recursos**. São Paulo: Editora Atlas, 2003.

GPRH **Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos**, 2022. Disponível em: <http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares>. Acesso em: 22 de novembro de 2022

GRIEBELER, N. P.; PRUSKY, F. F.; SILVA, J. M. A.; RAMOS, M. M.; SILVA, D. D. **Modelo para a determinação do espaçamento entre desaguadouros em estradas não pavimentadas**. R. Bras. Ci. Solo, n.29, p.397-405.2005.

IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasil, Cidades**, Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/curvelo/panorama>, Acesso em: 02 de novembro de 2022.

IGAM, Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Portal dos Comitês**. Disponível em: <https://comites.igam.mg.gov.br/conheca-a-bacia-sf5>. Acesso em: 02 de novembro de 2022.

INMET Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <https://mapas.inmet.gov.br/>. Acesso em: 15 de novembro de 2022

INMET Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/Graficos/A001> Acesso em: 15 de novembro de 2022

INMET Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <https://clima.inmet.gov.br/GraficosClimatologicos/MG/83536>. Acesso em: 15 de novembro de 2022

JUNIOR, Jair Fernandes Gomes, **PROJETO DE DRENAGEM PARA UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA NA AGRICULTURA: ESTUDO DE CASO DA PISTA DE POUSO DA FAZENDA EXTREMA - VALLOUREC FLORESTAL e proposta de projeto para pista de pouso e decolagem**, Centro Federal de Educação tecnológica de Minas Gerais, CEFET-MG, CURVELO 2021.

KEEDI, Samir. **Logística de Transporte Internacional - Veículo Prático de Competitividade**. 4. ed. São Paulo: Aduaneiras, 2007.

KEEDI, Samir. **Logística de transporte Internacional: veículo prático de competitividade**. 1. ed. São Paulo: Aduaneiras, 2001.

MAPS, Google. (02 nov 2022) **Google Maps. Google**. 2022 Disponível em <https://goo.gl/maps/g8nkafDkvmPoV4br9>. Acesso em: 02 de novembro de 2022

MAPS, Google. (14 fev 2022) **Google Maps. Google**. 2022 Disponível em <https://goo.gl/maps/QZ1vY6vgVQiW59yCA>. Acesso em: 14 de novembro de 2022

MENDONÇA, Cláudio. **Transporte rodoviário - Por que o Brasil depende tanto desse sistema**. UOL Educação, 2013 Disponível em: <https://educacao.uol.com.br/disciplinas/geografia/transporte-rodoviario-por-que-o-brasil-depender-tanto-desse-sistema.htm>. Acesso em: 08 de janeiro de 2022.

POZZAN, Bruna. **TESTE DE INFILTRAÇÃO EM DIFERENTES ALTITUDES E COBERTURA DO SOLO NO MUNICÍPIO DE SÃO LOURENÇO DO OESTE – SC**. UTFR. [Monografia] UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL EM MUNICÍPIOS. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/22491/2/infiltracaoaltitudescoberturasolo.pdf> Acesso em: 27 de novembro de 2022

PRUSKI, F.F., FERREIRA, P.A., RAMOS, M.M., CECON, P.R. **A model to design level terraces**. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, v. 123, n. 1, p:8-12, 1997.

ROCHA, Diego Daibert. **Avaliação do projeto de drenagem de transposição de talvegues da rodovia municipal que interliga a rodovia MG-457 ao município de Passa Vinte/Minas Gerais**. 2013. [Monografia] Colegiado do Curso de Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia da UFJF. Juiz de Fora. 2013.

RODRIGUES, Paulo Roberto Ambrosio. **Introdução aos sistemas de transporte no Brasil e à logística internacional**. 4. ed rev. E ampl. São Paulo: Aduaneiras, 2007.

SILVA, Janete Joana de Souza. Centro de Educação Profissional de Anápolis – CEPA/GO. **Classificação e Características dos Modais de Transportes**. 2018. Cuiabá, 2014 Disponível em: http://proedu.rnp.br/bitstream/handle/123456789/1562/01%20Classificacao_caracteristica_modais_Logistica-CEPA.pdf?sequence=1&isAllowed=y Acesso em: 08 de janeiro de 2022

TUCCI, C.E.M; **Hidrologia: Ciência e Aplicação**.3ª ed Porto Alegre-RS. Editora da UFRGS/ABRH, 2004. 943p.

WANKE, Peter; FLEURY, Paulo Fernando. **Transporte de cargas no Brasil: estudo exploratório das principais variáveis relacionadas aos diferentes modais e às suas estruturas de custos. Capítulo 12**_transportes.pmd, p. 411. Instituto Coppead de Administração/Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Rio de Janeiro, 2006.