

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES

ENGENHARIA DE TRANSPORTES

Sebastião Magno de Araújo

**DRENAGEM PROFUNDA EM RODOVIAS, CONCEITO, IMPORTÂNCIA E
DIMENSIONAMENTO: ESTUDO DE CASO.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Belo Horizonte – MG

2026

Sebastião Magno de Araújo

**DRENAGEM PROFUNDA EM RODOVIAS, CONCEITO, IMPORTÂNCIA E
DIMENSIONAMENTO; ESTUDO DE CASO.**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à Atividade da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2, 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: Prof. Dr. Geraldo Magela Damasceno

Coorientador: Prof. Dr. Mateus Justino da Silva

Araújo, Sebastião Magno de.
A663d Drenagem profunda em rodovias, conceito, importância e dimensionamento : estudo de caso / Sebastião Magno de Araújo. – 2026.
64 f. : il.
Orientador: Geraldo Magela Damasceno.
Coorientador: Mateus Justino da Silva.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Graduação em Engenharia de Transportes, Belo Horizonte, 2026.

Bibliografia.
1. Engenharia de Transportes. 2. Drenagem de rodovias. 3. Águas subterrâneas. 4. Estabilidade estrutural. I. Damasceno, Geraldo Magela. II. Silva, Mateus Justino da. III. Título.
CDD: 625.734



FOLHA DE APROVAÇÃO DE TCC Nº 14 / 2026 - CETR (11.51.07)

Nº do Protocolo: 23062.035394/2026-35

Belo Horizonte-MG, 08 de julho de 2026.

Sebastião Magno de Araújo

**DRENAGEM PROFUNDA EM RODOVIAS, CONCEITO, IMPORTÂNCIA E DIMENSIONAMENTO:
ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à Atividade de Projeto Final 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.

Aprovado em **18** de junho de 2026

Banca examinadora:

Dr. Geraldo Magela Damasceno — Orientador

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG

Dr. Mateus Justino da Silva — Coorientador

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG

Dr. André Henrique Campos Teixeira

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG

M.e Mário de Souza Silva

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG

BELO HORIZONTE
2026

(Assinado digitalmente em 09/07/2026 10:53)

ANDRE HENRIQUE CAMPOS TEIXEIRA
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
DET (11.55.11)
Matrícula: 2089478

(Assinado digitalmente em 09/07/2026 10:06)

GERALDO MAGELA DAMASCENO
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
DET (11.55.11)
Matrícula: 1450794

(Assinado digitalmente em 09/07/2026 10:16)

MARIO DE SOUZA SILVA
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
DET (11.55.11)
Matrícula: 1812301

(Assinado digitalmente em 09/07/2026 10:32)

MATEUS JUSTINO DA SILVA
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
DET (11.55.11)
Matrícula: 3568965

Visualize o documento original em <https://sig.cefetmg.br/public/documentos/index.jsp>
informando seu número: **14**, ano: **2026**, tipo: **FOLHA DE APROVAÇÃO DE TCC**, data de emissão:
08/07/2026 e o código de verificação: **8433c22674**

AGRADECIMENTOS

Agradecimento aos professores desta instituição federal de ensino tecnológico que contribuíram para minha formação e proporcionar minha inserção no mercado de trabalho como excelência em formação de profissionais da área em questão.

Agradeço ao Centro Federal de Educação Tecnológico de Minas Gerais (CEFET-MG), considerado o melhor ensino das instituições federais tecnológica do Brasil, que me deu toda a estrutura para me formar e realizar este trabalho.

Agradeço a meu orientador Prof. Dr. Geraldo Magela Damasceno e Coorientador Prof. Dr. Mateus Justino da Silva, que me ensinaram o passo a passo no desenvolvimento deste trabalho assim como suas formações nas interdisciplinaridades envolvidas como doutores.

Agradeço aos colegas de jornada que acompanhamos nestes anos todos, ao colega Lucio Flavio de Paula, as colegas Larissa Stefane Rodrigues de Jesus e Terezinha Aparecida de Souza Martins e na minha fase mais difícil de minha vida me dando apoio logístico e moral para continuar, são eles Rafael de Campos Augusto e Tércio Sales Moraes.

ARAUJO, Sebastião M, **Drenagem Profunda em Rodovias, Conceito, Importância e Dimensionamento: Estudo de Caso**. 2026. 65f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia de Transportes. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, 2026.

RESUMO

A drenagem profunda é um processo que visa escoar as águas de natureza pluviométricas dos terrenos encharcados através dimensionamento de colchão drenante, drenos Longitudinais Profundos, drenos verticais, drenos espinha de peixe, devido água subterrânea vinda do lençol freático, implementando estruturas para resolução deste problema. Essa pesquisa é sobre projeto de drenagem profunda, que objetiva tirar a água no interior do subleito em profundidades superiores a 1,50 m e abaixar o nível de água do lençol freático evitando-se a infiltração e percolação no subleito garantindo que não atinjam a estabilidade estrutural das estradas. Adotou-se o projeto um dreno Longitudinal Profundo Simples (DPS 07) e um colchão drenante. Os resultados da comparação de valores de vazão (l/s) de drenagem do fabricante de tubos PEAD e as calculadas pela Fórmula Manning adotamos para o projeto do DPS 07 da obra visitada o diâmetro nominal igual a DN170, declividade de projeto igual a 2% (0,02 m/m) e uma vazão de drenagem profunda do lençol freático de 18,15 l/s/m por metro de tubo de drenagem. O dreno Longitudinal Profundo Simples (DPS 07) foi selado com manta permeável geotêxtil tipo BIDIM RT Geotêxtil Não tecido tipo RT 08. E seu projeto executivo final ficou com largura de 0,50 m e 1,50 de profundidade e comprimento de 100 m. Utilizou-se a metodologia sugerida pelo DNIT (metodologia de Terzaghi) para a escolha do material filtrante do dreno DPS 07, o material filtrante foi dimensionado com uma mistura de pedras comerciais e proporção em massa igual a: 40% de brita 1, 40% de brita 0 e 20% de pó de pedra. E o dispositivo tipo colchão drenante foi executado em o projeto com largura igual 9,60 m, comprimento 101,50 m, declividade longitudinal de 3%, espessura “e” igual 0,314 m. Executado com pedra comercial (colchão e valetas laterais) tipo brita 3. Para o dimensionamento de drenos executados dentro da vala do Colchão drenante (dentro das duas abas laterais escolheu) foi com tudo PEAD com diâmetro nominal de DN 170. Todo o colchão e valetas também foi selado com manta permeável geotêxtil tipo BIDIM Geotêxtil Não tecido tipo RT 08.

Palavras-Chave: drenagem profunda, água subterrânea, estabilidade estrutural, dimensionamento, dreno profundo DPS 07, colchão drenante.

ARAUJO, Sebastião M, **Deep Drainage on Highways, Concept, Importance and Dimensioning: Case Study**. 2026. 65f. Course Conclusion Work (Graduation) – Transportation Engineering. Federal Center for Technological Education of Minas Gerais, 2026.

ABSTRACT

Deep drainage is a process aimed at draining rainwater from waterlogged terrain through the design of drainage blankets, deep longitudinal drains, vertical drains, and herringbone drains, due to groundwater coming from the water table, implementing structures to solve this problem. This research is about deep drainage design, which aims to remove water from the subgrade at depths greater than 1.50 m and lower the water table level, preventing infiltration and percolation in the subgrade and ensuring that they do not affect the structural stability of the roads. A simple deep longitudinal drain (DPS 07) and a drainage blanket were adopted in the design. The results of comparing drainage flow rates (l/s) from the HDPE pipe manufacturer and those calculated using the Manning Formula led us to adopt, for the design of the DPS 07 of the visited construction site, a nominal diameter of DN170, a design slope of 2% (0.02 m/m), and a deep groundwater drainage flow rate of 18.15 l/s/m per meter of drainage pipe. The Simple Deep Longitudinal Drain (DPS 07) was sealed with permeable geotextile fabric type BIDIM RT Nonwoven Geotextile type RT 08. Its final executive design had a width of 0.50 m, a depth of 1.50 m, and a length of 100 m. The methodology suggested by DNIT (Terzaghi methodology) was used to choose the filter material for drain DPS 07. The filter material was dimensioned with a mixture of commercial stones in the following mass proportions: 40% crushed stone #1, 40% crushed stone #0, and 20% stone dust. The drainage mattress device was implemented in the project with a width of 9.60 m, a length of 101.50 m, a longitudinal slope of 3%, and a thickness of 0.314 m. Executed with commercial stone (bed and side trenches) type 3 crushed stone. For the dimensioning of drains executed within the trench of the drainage bed (within the two side flanges chosen) all HDPE with a nominal diameter of DN 170 was used. The entire bed and trenches were also sealed with permeable geotextile type BIDIM Nonwoven Geotextile type RT 08.

Keywords: deep drainage, groundwater, structural stability, sizing, deep drain DPS 7, drainage blankets.

LISTA DE SIGLAS

DERMG	Departamento Estradas e Rodagem de Minas Gerais.
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DLP	Drenagem Profunda Longitudinal
PEAD	polietileno de alta densidade
DLP 07	Drenagem Profunda Longitudinal do DNIT tipo de projeto 07

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Drenos Longitudinal profundo _DLP	19
Figura 2-Localização de Drenos Longitudinal na lateral esquerda da rodovia.	20
Figura 3-Localização de Drenos Longitudinal na lateral direita da rodovia.	20
Figura 4-Construção de drenos longitudinal profundos junto ao talude de corte com a estrutura da estrada, visão geral.	22
Figura 5-Detalhes de Valas e Cavas.	22
Figura 6-Execução de Geocompostos Drenantes.....	24
Figura 7-Tipos 1LG tipo geotêxtil, Bidim e Georede.....	25
Figura 8-Projeto de drenos profundos sub-horizontal de taludes e encostas. Pag. 55	26
Figura 9-Projeto de drenos longitudinal profundos.....	27
Figura 10-Projeto de drenos longitudinal profundos.....	28
Figura 11-Projeto de drenos longitudinal profundos.....	29
Figura 12-Levantamento de estudo projeto DERMG	30
Figura 13-Levantamento de estudo projeto DERMG.	31
Figura 14-Diagrama de metodologia adotada na pesquisa.....	32
Figura 15-Obra do trevo: Avenida Inhotim - AMG 0185, Brumadinho-MG.	33
Figura 16-Mapa de informações sobre a obra da Avenida Inhotim - AMG 0185, Brumadinho-MG (retângulo vermelho destacando a obra).	34
Figura 17-Talude executado lado Direito e DPS direito.	35
Figura 18-Vista de talude de corte esquerdo com formação rochosa.	36
Figura 19-Execução de Dreno Longitudinal Profundo esquerdo	36
Figura 20- Dreno Longitudinal Profundo (DPS esquerdo) revestido com selo de grama, continuação.....	37
. Figura 21- Talude e Dreno Longitudinal Profundo lado direito da pista.....	38
Figura 22- Talude Esquerdo continuação.	38
Figura 23- Talude e DLP esquerdo continuação de projeto.	39
Figura 24- Dreno Longitudinal Profundo Esquerdo.	40
Figura 25- Execução da camada de Sub-leito.....	40
Figura 26- Execução de selo com manta geotêxtil da camada de brita do colchão	

drenante.	41
Figura 27- Execução de selo da camada de brita com manta geotêxtil de colchão drenante executado na obra de estudo de caso.	42
Figura 28- Modelo de cálculo do colchão drenante.....	44
Figura 29- Dreno Lateral Profundo Simples.	47
Figura 30- Determinação gráfica de material filtrante e drenante segundo Terzaghi.	49
Figura 31- Determinação gráfica de material filtrante e drenante segundo Terzaghi (explicação de uso).	50
Figura 32- Ensaio de granulometria de solo (Laboratório Pavimentação do Departamento de Engenharia de Transportes _CEFETMG-Campus Nova Suíça)...51	51
Figura 33- Ensaio de granulometria de material filtrante: brita (Laboratório Pavimentação do Departamento de Engenharia de Transportes _CEFETMG-Campus Nova Suíça).	52
Figura 34- Ensaio de granulometria de solo.....	53
Figura 35- Curva de Ensaio de granulometria de material filtrante: brita.	53
Figura 36- Curva de resultado de material filtrante: brita, para verificação se é elemento filtrante ideal de acordo com a granulometria do solo.	54
Figura 37- Comparação de valores de vazão (l/s) de drenagem do fabricante de tubos PEAD e as calculadas pela Fórmula Manning.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Valores de permeabilidade para material granular	45
Tabela 2- Diâmetro de tubos comerciais para dreno.....	45
Tabela 3- Tabela fabricante geossintéticos DIPROTEC _ Propriedades Hidráulicas (BIDIM RT Geotêxtil Nãotecido).	47
Tabela 4- Material filtrante misto de pedras comerciais.	55
Tabela 5- Tubos comerciais PEAD para drenagem profunda Kananet.	56
Tabela 6- Dimensionamento dos tubos drenos pela Fórmula de Manning, para tubos PEAD.....	56
Tabela 7- Comparação de valores de vazão (l/s) de drenagem do fabricante de tubos PEAD e as calculadas pela Fórmula Manning.	57
Tabela 8- Fluxo de água necessário para dreno DN 170.	58
Tabela 9- Dimensionamento da espessura do colchão drenante.....	59
Tabela 10- Fluxo de água necessário para dreno lateral DN 170 do colchão drenante.	60

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. Problemas e premissas	14
1.2. Objetivo	14
1.2.1 Objetivo Geral	14
1.2.2 Objetivos Específicos.....	14
1.3. Justificativa da pesquisa.....	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1. Conceitos fundamentais e importância.	15
2.1.1 Dispositivos usado em rodovias.....	17
2.1.2 A solução de projetos de drenagem subterrânea	18
2.1.3 Dreno longitudinal profundo – DLP.....	18
2.1.4. Granulometria do material filtrante	25
2.1.5 Exemplos de projetos de drenagem profunda vala longitudinal, DNIT 2006	26
2.1.6. Estudo de projetos de drenagem.....	30
3. METODOLOGIA	32
3.1. Escolha da obra: Estudo de caso	32
3.2. Visita in loco e Montagem de Memorial fotográfico da obra	34
3.3. Análise dos dispositivos de drenagem da obra.....	42
3.4. Dimensionamento de dispositivos (Colchão Drenante/Dreno profundo Lateral Simples)	43
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
6. TRABALHOS FUTUROS	63
7. REFERÊNCIAS	64

1. INTRODUÇÃO

A drenagem profunda é uma abordagem essencial na engenharia, principalmente em projetos onde a água subterrânea pode prejudicar a estabilidade das edificações, impactar a qualidade do solo ou tornar a execução das obras mais complexa com gerenciamento apropriado das águas subterrâneas, utilizando sistemas de drenagem apropriados, não apenas protege as construções, mas também contribui para a conservação ambiental e assegura a segurança durante e após a conclusão dos projetos.

Este estudo visou expor o conceito de drenagem profunda, ressaltando sua relevância na área da engenharia. Também serão discutidos os métodos e as diretrizes para seu planejamento. Além disso, a monografia apresentou um estudo de caso prático, que ilustra a aplicação dos conhecimentos teóricos em uma circunstância concreta, ajudando na compreensão da eficácia e das características dessa técnica.

Primeiro foi feita uma pesquisa sobre os princípios da drenagem profunda, incluindo suas principais utilizações e os obstáculos que os profissionais encontram ao planejar e executar essas operações. Segundo, foram apresentados os métodos técnicos e as regulamentações pertinentes ao cálculo dos sistemas de drenagem profunda. Finalmente, realizou-se um estudo de caso ilustrando a avaliação em campo, o planejamento e a execução do sistema em um projeto específico, destacando a relevância de uma análise hidrogeologia (ciência que estuda as águas subterrânea, interdisciplinar da geologia) adequada e o papel fundamental dos sistemas de drenagem no êxito do projeto.

Então desta forma, este trabalho teve como objetivo facilitar a assimilação dos princípios fundamentais da drenagem profunda e ajudou a aprimorar as metodologias em projetos de engenharia.

A drenagem profunda é uma técnica geotécnica voltada para remoção ou controle da água subterrânea em solos saturados com alta suscetibilidade a recalques e instabilidade quando submetidos a cargas de obras da engenharia civil (terzaghi; peck; mesri,1996). A drenagem profunda só controla a água oriunda do lençol freático.

Segundo o manual do DERMG (2010), a drenagem profunda é a instalação de dispositivos que promovem a saída da água subterrânea (água de ascensão do lençol freático) por meio de valas, drenos verticais e horizontais, colchão drenante e outros sistemas com objetivo de baixar o lençol freático. A redução da pressão neutra permite que o solo suporte as cargas previstas sem recalques problemáticos, mantendo a segurança das obras.

1.1. Problemas e premissas

A drenagem profunda é um método comumente empregado para direcionar as águas subterrâneas em construções, mas existem dificuldades relacionado com avaliação hidrogeologia adequada, escolha errônea do sistema de drenagem e dimensionamento impreciso. Todos estes fatores afetam a estabilidade da estrutura, elevando os custos e atrasando o cronograma da obra. Então é necessário que compreender os princípios e técnicas de dimensionamento que assegurem a eficiência do sistema.

Então a pergunta que esta pesquisa procura responder é:

Como garantir a eficiência e a segurança dos sistemas de drenagem profundas com conceitos, técnicas e dimensionamento adequado, afim eliminar a presença de água subterrânea mantendo a estabilidade estrutural das estradas? Isso é possível com um estudo de caso?

1.2. Objetivo

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar os conceitos, a importância e os métodos de dimensionamento do sistema de drenagem profunda garantindo uma eficiência na retirada das águas subterrâneas da estabilidade das estruturas das estradas, utilizando um estudo de caso, viabilizando tecnicamente as escolhas do tipo de drenagem indicada assim como seu dimensionamento.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar as literaturas e técnicas a respeito de drenagem profunda;

- Escolher em um estudo de caso as aplicações dos conhecimentos apreendidos segundo as teorias e técnicas em uma situação real avaliando os resultados obtidos;
- Avaliar os problemas e desafios encontrados na execução das obras do sistema de drenagem profunda do estudo de caso;

1.3. Justificativa da pesquisa

A drenagem profunda é uma técnica e método importante em empreendimentos no controle de águas subterrâneas na engenharia principalmente quando aplicado na construção de estradas e principalmente na estabilidade das suas estruturas, garante ao construtor várias atenuantes junto ao projeto como retrabalho, custo elevado das obras e correção no cronograma de obras.

A compreensão das técnicas e dimensionamento garantem uma eficiência da retirada das águas profundas garantido a estabilidade das estruturas das estradas. O estudo de caso vem ressaltar a prática e a validação das teorias, identificando os problemas dos desafios concretos.

Assim a monografia se fundamentou na técnica e na prática do dimensionamento da drenagem profunda, assegurando a segurança das obras de engenharia, evitando o retrabalho e os custos advindos dos mesmos e todos os transtornos para população que utilizam estas estradas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Conceitos fundamentais e importância.

As rodovias brasileiras são de grande importância para o desenvolvimento do país na locomoção das pessoas e com o transporte de produtos, em razão dessa dimensão, exige-se manutenção constante para evitar problemas. Rodovias em bom estado de conservação e segurança são necessárias para a adequada locomoção das pessoas. Contudo, de acordo com dados oficiais, do departamento nacional de infraestrutura de transporte (DNIT, 2017) cerca de 60% das rodovias pavimentadas apresentam algum tipo de problema.

No século XIX, importantes estudiosos (Tresaguet, Metcalf, Telford e McAdam) desenvolveram um sistema para manter secas as vias evitando danos ocasionados por forças d'água na pavimentação. No fim do século XIX e início do século XX, observa-se a expansão da indústria automobilística, o que levou a exigência da modernização dos métodos de drenagem (SOUZA; SILVA, 2017).

É comum rodovias apresentarem problemas com chuvas por meio de infiltrações. Neste sentido, tem-se buscado elaborar projetos rodoviários mais eficazes. De acordo com o DNIT (2019), os projetos rodoviários podem ser classificados em três tipos específicos: projetos de implantação, projetos de melhoramento e projetos de restauração.

Um sistema de drenagem eficaz requer investimentos elevados e dependendo da complexidade da obra e das dificuldades da topografia do terreno. O custo é bem relativo, mas alguns autores dizem que pode chegar a 20% do valor total do projeto (SOUZA; MOREIRA, 2018).

A drenagem profunda consiste na instalação de dispositivos para a remoção da água subterrânea e para acelerar a consolidação do solo, principalmente em terrenos moles e saturados. A técnica visa reduzir a pressão neutra da água nos poros, permitindo que as partículas do solo se aproximem, aumentando sua resistência e estabilidade.

Baptista (2011) destaca que os sistemas de drenagem profunda podem ser divididos em valas drenantes, colchões drenantes, drenos verticais e horizontais, entre outros, e a escolha do tipo depende das características do solo e das necessidades da obra.

A manutenção das rodovias se dá com a utilização de vários tipos de intervenções com vista a preservar suas características técnicas e operacionais. Para que o sistema de drenagem de uma rodovia funcione bem, é aconselhável realizar manutenção de dois tipos: uma preventiva (anterior ao período de chuvas) e outra corretiva (no começo da temporada seca). Com vista a evitar complicações futuras é recomendável monitorar a drenagem durante o período chuvoso (REIS, 2016).

Na elaboração de um projeto de sistema de drenagem deve-se levar em consideração algumas etapas relevantes, ou seja, analisar a localização da obra, observar atentamente as características do terreno; identificar os cursos d'água existentes e informações sobre o subsolo; realizar o levantamento de áreas próximas e previsão de alterações ao longo da construção e operação da estrada; realizar estudo de locais a serem drenados, realizar o projeto geométrico de terraplenagem e pavimentação, além de estudos hidrológicos para determinação das precipitações e do regime de chuvas ao longo do traçado (GOULART et al, 2017).

Também é necessário desenvolver um estudo das necessidades e potencialidades dos dispositivos de drenagem, levando-se em conta a possibilidade de se aproveitar a drenagem natural, para então selecionar os dispositivos mais adequados, a fim de minimizar riscos e prejuízos aos que trafegam nas rodovias (SOUZA; MOREIRA, 2018).

2 .1.1 Dispositivos usado em rodovias.

A drenagem profunda pode ser executada por vários dispositivos tais como: pelo colchão drenante valetas longitudinais, espinhas de peixes, dreno vertical de areia ou drenos sub-horizontais. Os Drenos profundos têm as características de interceptar a água subterrânea pelo rebaixamento do lençol freático.

No colchão drenante a ação dessa drenagem é retirada da água infiltrada da pista de rolamento, e ele é construído por material granular, dimensionado com as partículas adequadas para drenagem montado abaixo das estruturas da camada de revestimento asfáltico ou concreto.

As Valas laterais ou trincheiras laterais são construídas para permitir que desvie o fluxo de água que estão na borda do acostamento e o talude.

Os tipos existentes o modelo de espinha de peixe montado em série e normalmente abrange grandes áreas. No caso vertical é recomendado com aterros em depósitos moles e dreno sub-horizontal atua como prevenção de escorregamentos vindos da elevação do lençol freático. Aplica-se em áreas de cortes e zonas de baixada onde existam ascensão e formação do lençol freático.

Há ainda um terceiro aspecto pelo qual a água se apresenta: a "franja capilar", resultante da ascensão capilar a partir dos lençóis d'água, obedecendo às leis da capilaridade. A influência produzida pela "franja capilar" deve ser eliminada, ou reduzida, pelos rebaixamentos dos referidos lençóis freáticos. de um modo ou de outro, há sempre a necessidade indiscutível de manter-se o lençol freático a profundidades de 1,50 a 2,00 metros do subleito das rodovias, dependendo do tipo de solo da área considerada (DNIT, 2010).

2.1.2 A solução de projetos de drenagem subterrânea

Para uma elaboração perfeita e eficaz dos dispositivos de Drenagem são necessários alguns estudos fundamentais para o dimensionamento correto, sendo eles:

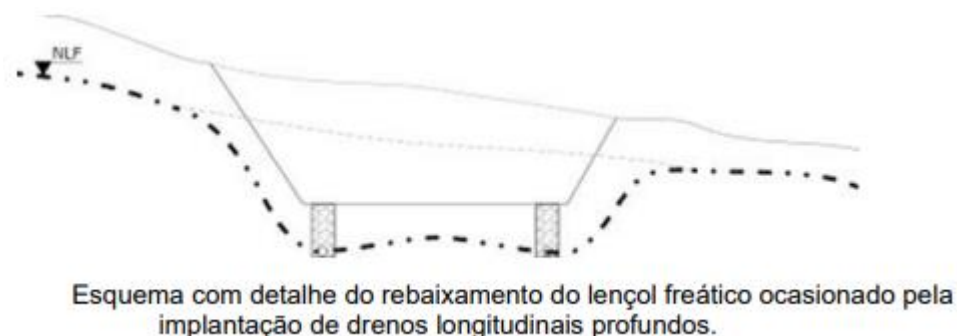
- a) conhecimento da topografia da área;
- b) observações geológicas e pedológicas necessárias, com obtenção de amostras dos solos por meio de sondagens a trado, percussão, rotativa e em certos casos, por abertura de poços a pá e picareta;
- c) conhecimento da pluviometria da região, por intermédio dos recursos que oferece a hidrologia (Caracterização dos índices físicos da bacia hidrográfica, índices de precipitação, infiltração e evaporação da bacia hidrográfica em estudo).

O Sistema de drenagem profunda como já foi dito serve para controlar e rebaixar o nível do lençol freático subterrâneo (DNIT, 2006). A seguir será descrito os dispositivos de Drenagem profunda mais importantes.

2.1.3 Dreno longitudinal profundo – DLP

Os drenos profundos têm por objetivo principal interceptar o fluxo da água subterrânea através do rebaixamento do lençol freático, impedindo-o de atingir o subleito, tal como pode ser visualizado na Figura 1.

Figura 1-Drenos Longitudinal profundo _DLP



Fonte: Jabôr, 2019.

Há sempre a necessidade indiscutível de manter o lençol freático a profundidades de 1,50 a 2,00 metros do subleito das rodovias, dependendo do tipo de solo da área considerada, e para atender este propósito os dispositivos de drenagem profunda são bastante úteis (IPR, DNIT, 2022).

Os DLP's devem ser instalados nos trechos em corte, nos terrenos planos que apresentem lençol freático próximo do subleito, bem como nas áreas eventualmente saturadas, próximas ao pé dos taludes (BRASIL, 2006).

Podem, também, ser instalados sob os aterros, quando ocorrer a possibilidade de aparecimento de água livre, bem como quando forem encontradas camadas permeáveis sobrepostas as outras camadas impermeáveis mesmo sem a presença de água na ocasião da pesquisa do lençol freático (BRASIL, 2006).

Na avaliação deste autor, a instalação de drenos profundos em cortes, de forma generalizada, tal como sugere o parágrafo anterior (retirado do Manual de Drenagem de Rodovias - DNIT, 2006), pode ser desnecessária, haja vista que o lençol freático nem sempre alcança níveis elevados em todos eles, principalmente quando tem pequena extensão e pequena altura.

Para Jabôr (2019), o projetista deve seguir algumas recomendações para avaliar a necessidade ou não de drenagem longitudinal profunda quando se tratar de obras de implantação / pavimentação, tais como a correta locação dos drenos nas laterais da pista de rolamento (Figuras 2 e 3).

Figura 2-Localização de Drenos Longitudinal na lateral esquerda da rodovia.



- Implantação de dreno tipo DPS-02 nas obras de duplicação da BR-304/RN.

Fonte: Jabôr,2019.

Figura 3-Localização de Drenos Longitudinal na lateral direita da rodovia.



- Implantação de dreno tipo DPS-02 nas obras de duplicação da BR-304/RN.

Fonte; Jabôr,2019

Durante a sondagem do subleito em áreas de corte, conforme o plano definido pelo projetista de pavimentação, é importante medir a umidade natural do solo no momento da coleta. Essa medição servirá para comparar com a umidade ideal do solo. A sondagem deve ser feita na época chuvosa da região, mas não deve ocorrer durante a chuva.

Por motivos contratuais a visita técnica ao local da obra que seja no período de seca e procure pessoas que utilizam as estradas e identifique onde existem atoleiros ou agarrador, isto é sinal de lençol freático.

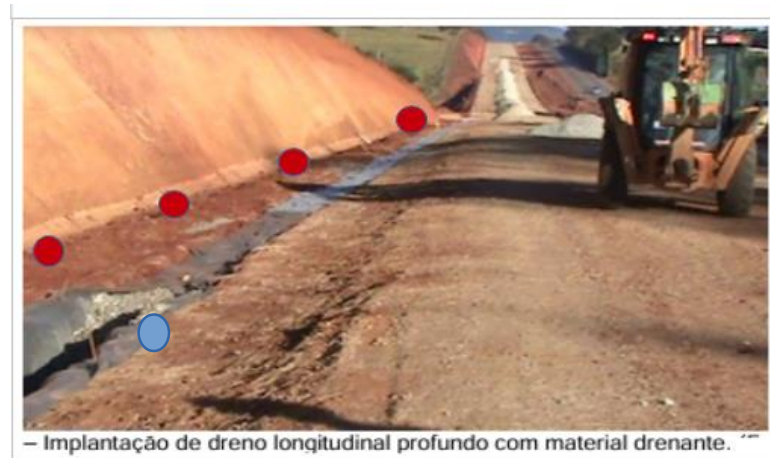
2.1.3.1 Sondagens do solo

Quando na execução da sondagem do subleito nos cortes encontrar presença de água (NA), deverão ser feitas 04 medidas da altura do N.A utilizando poços de observação para verificação de sua variação que é um dado importante para análise de drenagem por parte do projetista, para se determinar a solução de drenagem mais adequada para o local.

Passos para montagem dos poços de observação/sondagem: 1ª medição no momento da execução da sondagem 2ª medição 24 horas após a 1ª leitura 3ª medição 48 horas após a 1ª leitura 4ª medição 72 horas após a 1ª leitura. Após a execução do furo de sondagem e a identificação do NA e realizada a 1ª leitura, deverá ser colocada sobre a abertura do furo uma proteção (tamponar) para impedir que sejam jogados materiais que possam comprometer as leituras seguintes (Figura 4).

Estas leituras são importantes, pois caso haja uma variação brusca significativa da altura do NA entre a 1ª leitura e 4ª leitura, somente a implantação do dreno profundo longitudinal não resolverá o problema, ou seja, a solução de dreno profundo longitudinal somente será insuficiente para proteção do pavimento. Nos casos onde for verificada nas leituras uma variação brusca do NA, a solução para proteção da estrutura do pavimento deverá ser colchão drenante (camada bloqueadora) mais os drenos profundos longitudinais nas laterais que irão trabalhar além de coletores das águas do colchão drenante, também como interceptadores das águas provenientes do lençol freático no corte (Jabôr,2022) (Figuras 4 e 5).

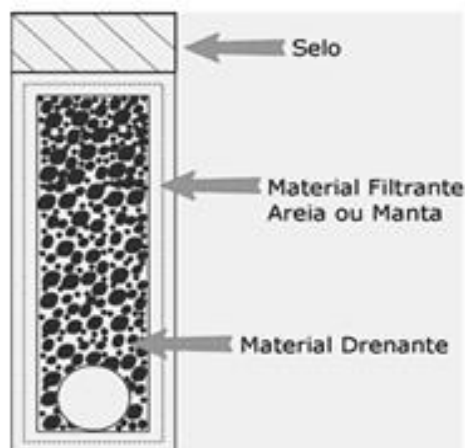
Figura 4-Construção de drenos longitudinal profundos junto ao talude de corte com a estrutura da estrada, visão geral.



Fonte: Jabôr,2019

Conforme observamos na Figura 4, deve-se fazer os furos (mínimo de 4 furos) na base do talude de corte para fazer os poços de observação e verificar a ascensão do lençol freático com 24, 48 e 72 horas, para análise de drenagem (os pontos vermelhos indicam essa posição dos poços de observação).

Figura 5-Detalhes de Valas e Cavas.



Fonte: Jabôr, 2019.

Detalhes de projeto e especificações que devem ser seguidas para valas e cava;

Localização: Sobre o eixo do acostamento;

Profundidade:1,50m;

Inclinação: paralelo ao greide > 0,15%;

Abertura: de jusante para montante;

Preenchimento: de montante para jusante;

Tubo: diâmetro de 0,200 m assentados com as bolsas votadas para montante;

Os furos ficam montados para baixo segundo Jabôr, 2019. Mas o DNIT utiliza muito o diâmetro de 0,150 m em seus projetos, sendo esses mais que suficientes.

2.1.3.2 Drenos profundos longitudinais (DPS) mais usados pelo DNIT

2.1.3.2.1 - Projeto tipo DNIT, DPS-01

Material filtrante, tubo e selo de argila; e DPS-02 - Material filtrante e tubo, sem selo, indicados nos locais onde a umidade natural estiver acima da ótima, porém sem a presença de N.A. Dimensões: 0,50 x 1,50 Material filtrante – areia Tubo – diâmetro de 15,0 cm, Selo – 20,0 cm.

2.1.3.2.2 - Projeto tipo DNIT, DPS-07

Material drenante, tubo e manta geotêxtil não tecida envolvendo a vala, com selo de argila e DPS-08 - Material drenante, tubo e manta geotêxtil não tecida envolvendo a vala, sem selo - indicados nos locais com presença de N.A; Dimensões: 0,50 x 1,50 Manta geotêxtil não tecida envolvendo a vala escavada do dreno Material drenante – brita 1 ou brita 2 ou cascalho britado isento de finos Tubo – diâmetro de 15,0 cm, Selo – 20,0 cm.

2.1.3.2.3 - Projeto tipo DER-MG, DPS-05

Material filtrante, tubo e selo de argila; e DPS-06 - Material filtrante e tubo, sem selo, indicados nos locais onde a umidade natural estiver acima da ótima, porém sem a presença de N.A. Dimensões: 0,40 x 1,50 Material filtrante – areia Tubo – diâmetro de 10,0 cm, Selo – 20,0 cm.

2.1.3.2.4 - Projeto tipo DER-MG, DPS-10

Material drenante, tubo e manta geotêxtil não tecida envolvendo a vala, com selo de argila e DPS-11 - Material drenante, tubo e manta geotêxtil não tecida envolvendo a vala, sem selo, indicados nos locais com presença de N.A; Dimensões:

0,40 x 1,50 Manta geotêxtil não tecida envolvendo a vala escavada do dreno Material drenante – brita 1 ou brita 2 ou cascalho britado isento de finos Tubo – diâmetro de 15,0 cm, Selo – 20,0 cm (Jabôr, 2020).

2.1.3.2.5 Geocomposto Drenante

É um dispositivo de drenagem profunda, composto por três elementos básicos: o drenante, que capta e conduz as águas de infiltração/percolação, saneando o solo; o filtrante, que impede o carregamento das partículas de solo para o interior do elemento drenante, o que provocaria sua colmatagem e consequente perda da vazão, e o coletor, que conduz a água drenada para a descarga (Figura 6). Geocomposto é fabricado a partir de um núcleo drenante (georede) incompressível de alta vazão em PEAD, unido em uma ou nas duas faces a um geotêxtil não tecida. Compõe o geocomposto um tubo coletor, perfurado em PEAD (Polietileno de Alta Densidade).

Figura 6-Execução de Geocompostos Drenantes



Fonte; Jabôr, 2019 pag.160

2.1.3.2.6. Geocomposto Drenantes Tipo 1LG

O Geocomposto 1LG é constituído por 1 geotêxtil Bidim e um núcleo de georede em PEAD (Polietileno de Alta Densidade) Núcleo drenantes, cuja principal função é substituir a pedra filtrante. (Diprotecgeo, 2025). A Figura 07 mostra tipo de geotêxtil.

Figura 7-Tipos 1LG tipo geotêxtil, Bidim e Georede



Fonte: google imagens, 2025.

2.1.4. Granulometria do material filtrante

A granulometria dos materiais filtrantes, e outras considerações, são obtidas pelo processo de TERZAGHI, pelas determinações de BUREAU OF RECLAMATION E SOIL CONSERVATION SERVICE, e no caso de geotêxteis pelo método do COMITÉ FRANCES DE GEOTEXTEIS e geomembranas. As recomendações de TERZAGHI, que deverão ser atendidas no projeto de Drenagem Profunda, são as seguintes ((Jabôr, 2020):

Condições de permeabilidade;

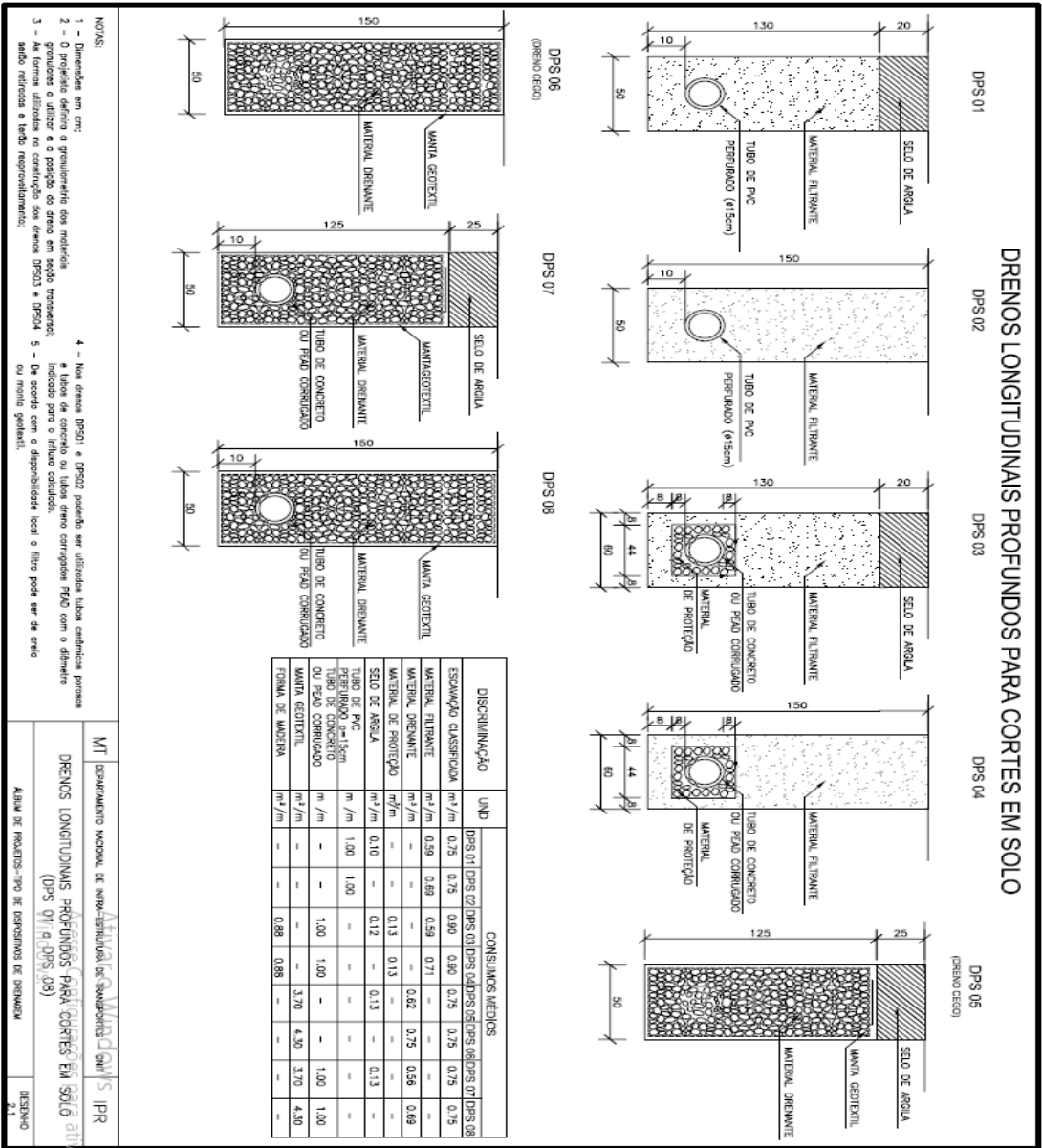
$$d_{15\%F} \geq 5 d_{15\%S} \quad (\text{Máximo de 5\% passando em peneira nº 200})$$

Condição de não entupimento do material filtrante

$$d_{15\%F} \leq 5 d_{85\%S}$$

Sendo,

Figura 9-Projeto de drenos longitudinal profundos.



Fonte; DNIT 2010, PAG.45

Figura 10-Projeto de drenos longitudinal profundos.

DISCRIMINACAO	UND	CONSULIMOS MEDIOS				
		DPR 01	DPR 02	DPR 03	DPR 04	DPR 05
ESCALAO CLASSIFICACAO	m ² /m	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
MATERIAL FILTRANTE	m ² /m	-	-	-	-	0,14
MATERIAL DRENANTE	m ² /m	0,14	0,14	0,20	0,20	-
TUBO DE CONCRETO POROSO Ø=15cm	m /m	-	-	-	-	1,00
TUBO DE CONCRETO OU PEAO CORRUGADO	m /m	1,00	1,00	-	-	-
MANTA GEOTEXTIL	m ² /m	-	2,00	2,00	-	-

DISCRIMINACAO	UND	CONSULIMOS MEDIOS				
		DPR 01	DPR 02	DPR 03	DPR 04	DPR 05
ESCALAO CLASSIFICACAO	m ² /m	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
MATERIAL FILTRANTE	m ² /m	-	-	-	-	0,14
MATERIAL DRENANTE	m ² /m	0,14	0,14	0,20	0,20	-
TUBO DE CONCRETO POROSO Ø=15cm	m /m	-	-	-	-	1,00
TUBO DE CONCRETO OU PEAO CORRUGADO	m /m	1,00	1,00	-	-	-
MANTA GEOTEXTIL	m ² /m	-	2,00	2,00	-	-

DISCRIMINACAO	UND	CONSULIMOS MEDIOS				
		DPR 01	DPR 02	DPR 03	DPR 04	DPR 05
ESCALAO CLASSIFICACAO	m ² /m	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
MATERIAL FILTRANTE	m ² /m	-	-	-	-	0,14
MATERIAL DRENANTE	m ² /m	0,14	0,14	0,20	0,20	-
TUBO DE CONCRETO POROSO Ø=15cm	m /m	-	-	-	-	1,00
TUBO DE CONCRETO OU PEAO CORRUGADO	m /m	1,00	1,00	-	-	-
MANTA GEOTEXTIL	m ² /m	-	2,00	2,00	-	-

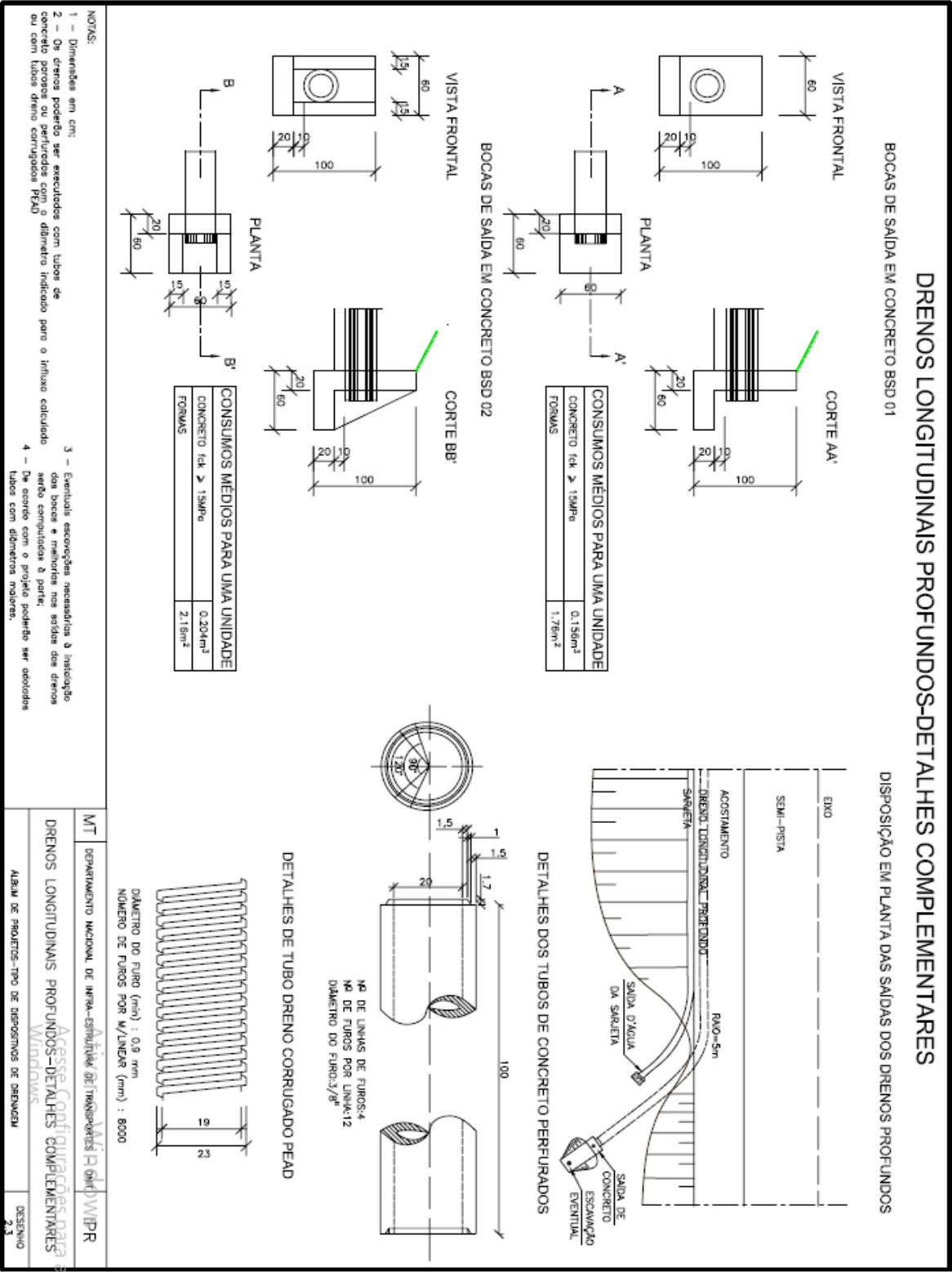
DISCRIMINACAO	UND	CONSULIMOS MEDIOS				
		DPR 01	DPR 02	DPR 03	DPR 04	DPR 05
ESCALAO CLASSIFICACAO	m ² /m	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
MATERIAL FILTRANTE	m ² /m	-	-	-	-	0,14
MATERIAL DRENANTE	m ² /m	0,14	0,14	0,20	0,20	-
TUBO DE CONCRETO POROSO Ø=15cm	m /m	-	-	-	-	1,00
TUBO DE CONCRETO OU PEAO CORRUGADO	m /m	1,00	1,00	-	-	-
MANTA GEOTEXTIL	m ² /m	-	2,00	2,00	-	-

DISCRIMINACAO	UND	CONSULIMOS MEDIOS				
		DPR 01	DPR 02	DPR 03	DPR 04	DPR 05
ESCALAO CLASSIFICACAO	m ² /m	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
MATERIAL FILTRANTE	m ² /m	-	-	-	-	0,14
MATERIAL DRENANTE	m ² /m	0,14	0,14	0,20	0,20	-
TUBO DE CONCRETO POROSO Ø=15cm	m /m	-	-	-	-	1,00
TUBO DE CONCRETO OU PEAO CORRUGADO	m /m	1,00	1,00	-	-	-
MANTA GEOTEXTIL	m ² /m	-	2,00	2,00	-	-

DISCRIMINACAO	UND	CONSULIMOS MEDIOS				
		DPR 01	DPR 02	DPR 03	DPR 04	DPR 05
ESCALAO CLASSIFICACAO	m ² /m	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
MATERIAL FILTRANTE	m ² /m	-	-	-	-	0,14
MATERIAL DRENANTE	m ² /m	0,14	0,14	0,20	0,20	-
TUBO DE CONCRETO POROSO Ø=15cm	m /m	-	-	-	-	1,00
TUBO DE CONCRETO OU PEAO CORRUGADO	m /m	1,00	1,00	-	-	-
MANTA GEOTEXTIL	m ² /m	-	2,00	2,00	-	-

DISCRIMINACAO	UND	CONSULIMOS MEDIOS				
		DPR 01	DPR 02	DPR 03	DPR 04	DPR 05
ESCALAO CLASSIFICACAO	m ² /m	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
MATERIAL FILTRANTE	m ² /m	-	-	-	-	0,14
MATERIAL DRENANTE	m ² /m	0,14	0,14	0,20	0,20	-

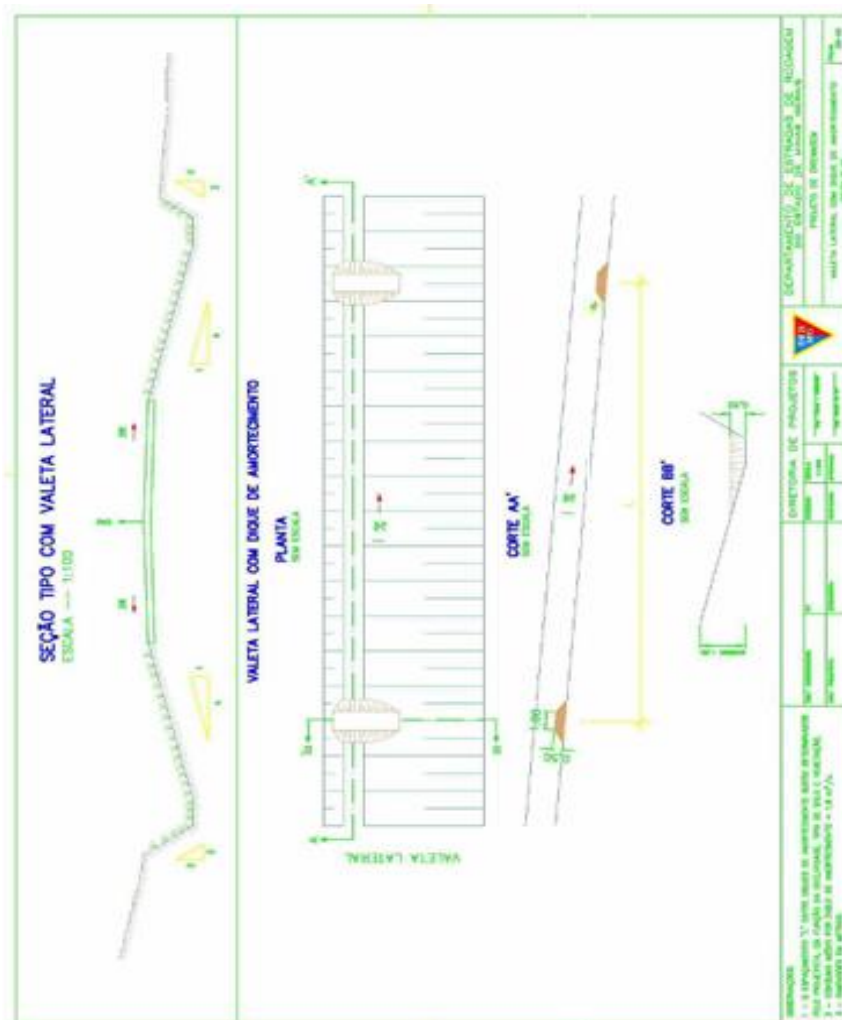
Figura 11-Projeto de drenos longitudinal profundos.



2.1.6. Estudo de projetos de drenagem

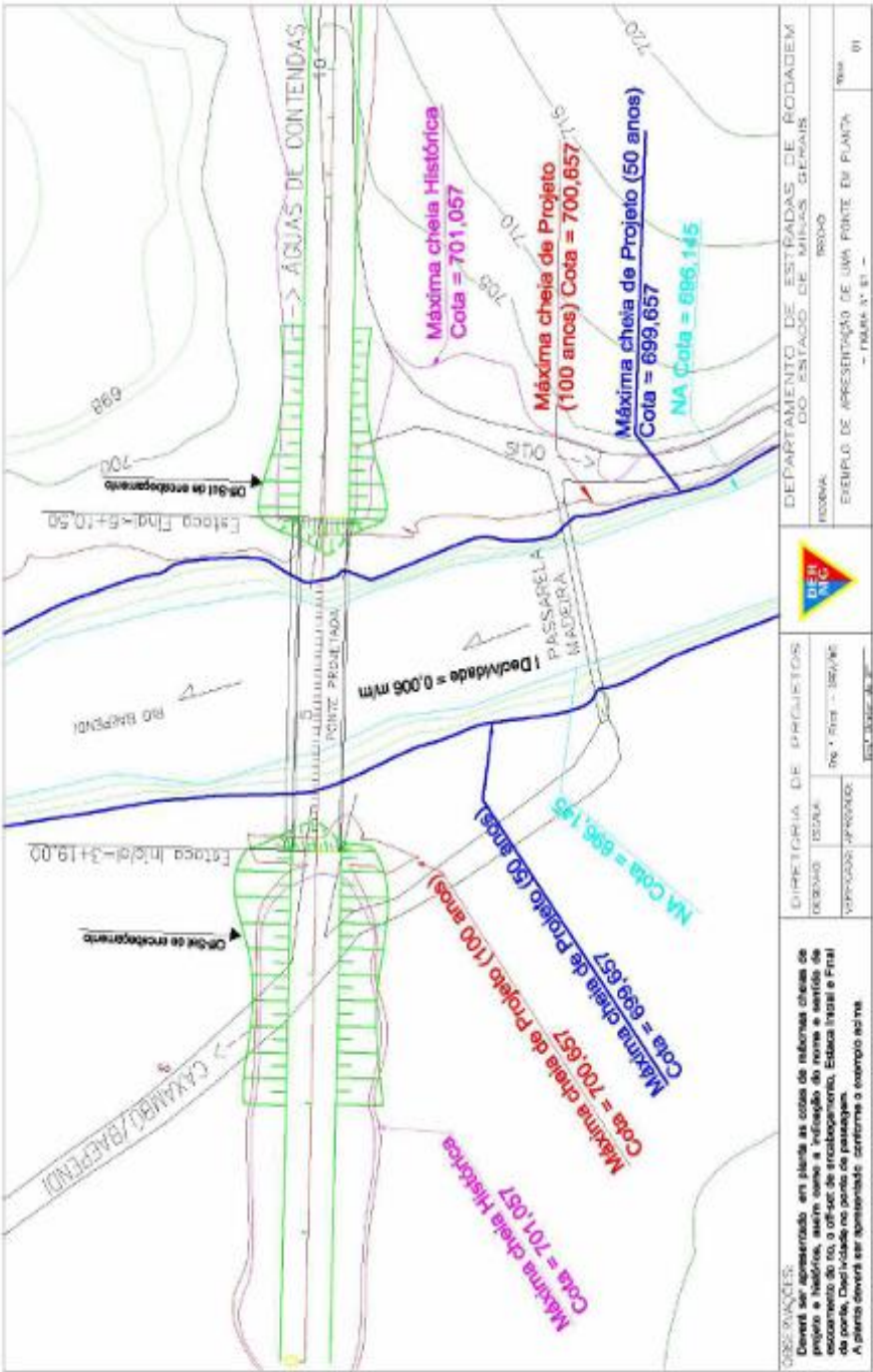
O DEPARTAMENTO DE EDIFICAÇÕES E ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS possui um Manual de Procedimentos para Elaboração de Estudos e Projetos de Engenharia Rodoviária VOLUME VII – Projeto de Drenagem, 2021 DER-MG. (DER 2021) (FIGURA 12). Este manual mostra e exemplifica estudos de projetos de Drenagem para auxiliar os engenheiros a realizar esta metodologia de forma correta. As Figuras 12 e 13 são exemplos de projetos de drenagem.

Figura 12-Levantamento de estudo projeto DERMG



Fonte: DER-MG (2021).

Figura 13-Levantamento de estudo projeto DERMG.

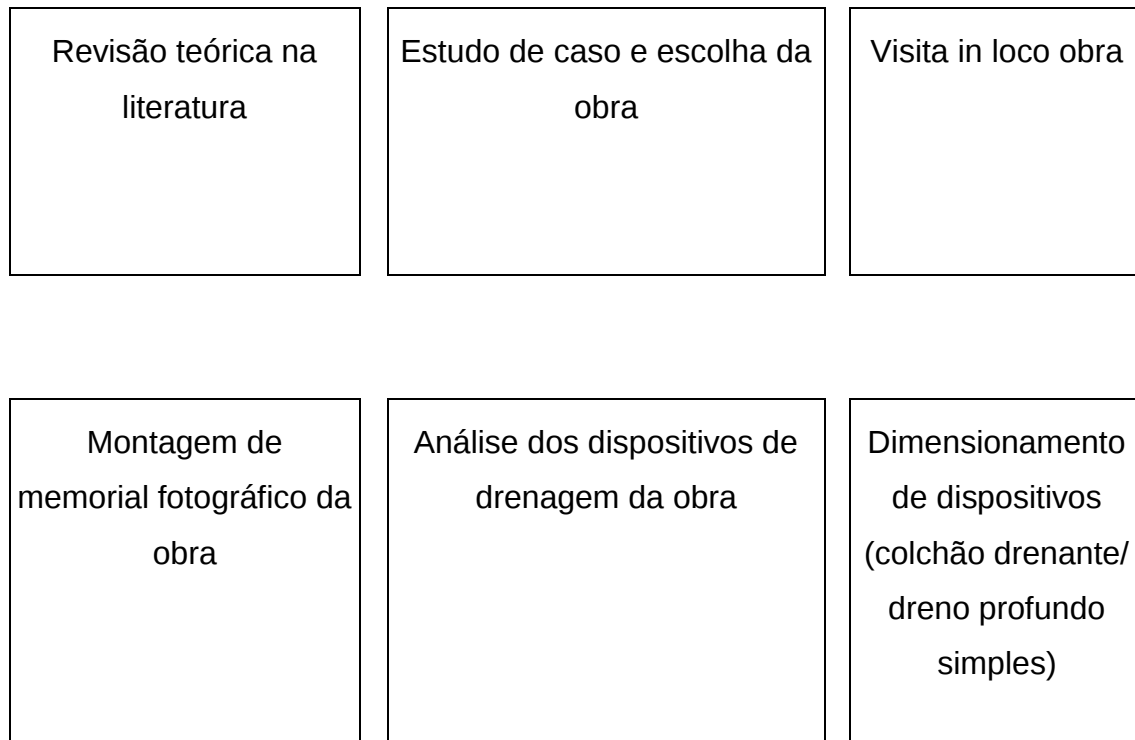


Fonte: DER-MG (2021)

3. METODOLOGIA.

Para o trabalho vigente, a metodologia que foi aplicada é a de estudo de caso com base na pesquisa bibliográfica. Podemos observar na Figura 14 o diagrama correspondente a metodologia realizada nessa pesquisa.

Figura 14-Diagrama de metodologia adotada na pesquisa



Fonte: o autor.

Dessa forma, o problema é 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. 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.

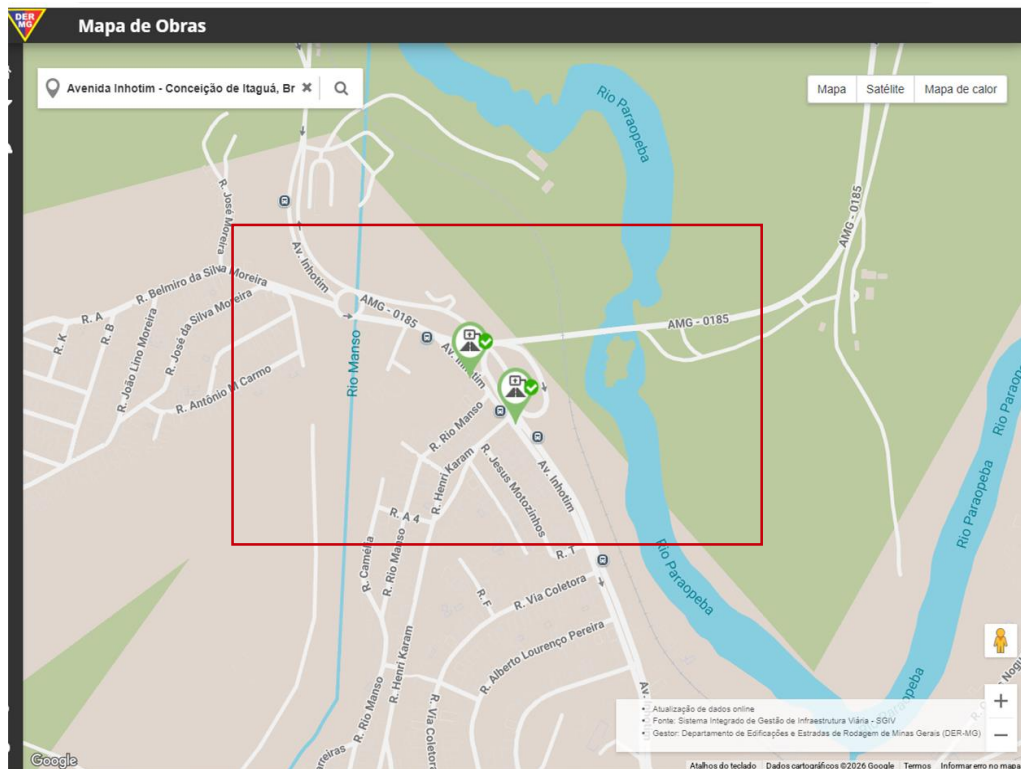
3.1. Escolha da obra: Estudo de caso

O local escolhido para o estudo de caso foi uma obra já executada pelo DER-MG, localizado na Avenida Inhotim - AMG-0185, município de Brumadinho MG. Conforme observa-se na Figura 15 áreas destacada com retângulo vermelho, nas coordenadas latitude: 20° 8'13.75"S e longitude: 44°12'57.47"O.

As informações detalhadas da obra foram coletadas do portal do DER_MG, que possui um sistema de informações sobre todas as suas obras de infraestrutura em rodovias no estado de Minas Gerais.

Na Figura 16 pode observar que o site do DER_MG possui uma ferramenta de visualização do mapa de Minas Gerais e todas as obras em andamento (<https://portal.der.mg.gov.br/obras-gov-map/#/map>). Esse mapa permite visualizar as obras de infraestrutura, disponibiliza informações contrato; objeto; data de início e previsão de término; valor do contrato; termos aditivos, acompanhar percentual de execução e fotos de como está o andamento da obra, e também o painel gerencial de acompanhamento de contrato das obras.

Figura 16-Mapa de informações sobre a obra da Avenida Inhotim - AMG 0185, Brumadinho-MG (retângulo vermelho destacando a obra).



Fonte: DER-MG.

O nosso estudo de caso é mostrado dentro do retângulo vermelho na Figura de Mapa da obra do DER-MG (Figura 16). O passo a seguir mostra o memorial fotográfico da obra realizado in loco.

3.2. Visita in loco e Montagem de Memorial fotográfico da obra

Como descrito anteriormente, o local escolhido para o estudo de caso foi uma obra já executada pelo DER-MG. Localizado na Avenida Inhotim - AMG-0185, município de Brumadinho, MG. E conforme detalhado no diagrama de metodologia da Figura 14 realizou a visita in loco, para reconhecimento dos dispositivos de drenagem, de infraestrutura e realizou-se a montagem de um memorial fotográfico. Conforme é descrito e observa-se nas Figura 17 a 27.

Observa-se na Figura 17, o Talude e Dreno Longitudinal Profundo direito. A foto mostra o talude do lado direito na entrada do trevo em questão juntamente com o Dreno Longitudinal Profundo direito (DPS direito). Na base

desse talude de corte foi executado uma drenagem tipo Dreno Longitudinal Profundo Simples (DPS) lateral.

A partir daqui foi usado a nomenclatura DPS conforme a Figura 09, para designar o Dreno Longitudinal Profundo Simples pois é a nomenclatura que o DNIT adota.

Figura 17-Talude executado lado Direito e DPS direito.



Fonte: foto do autor.

Observa-se que o dreno foi bem executado, pois o mesmo demonstra um funcionamento adequado do dispositivo, a foto foi realizada no período de chuva, e não se observa o aparecimento de água vinda do lençol freático na pista.

Na Figura 18 podemos identificar a formação rochosa do talude esquerdo uma indicação que se deve projetar um dreno longitudinal a esquerda para as águas provindas do lençol freático.

Figura 18-Vista de talude de corte esquerdo com formação rochosa.



Fonte: foto do autor.

Na Figura 19, observa-se também a execução de Dreno Longitudinal Profundo esquerdo (DPS esquerdo). No detalhe nota-se o selo de grama já revestindo a parte superior do dreno bem na base do talude de corte, exatamente como orienta as normas do DNIT.

Figura 19-Execução de Dreno Longitudinal Profundo esquerdo



Fonte: foto do autor.

O DNIT orienta que sempre que se executa em projeto um talude em corte, deve-se fazer furos para poços de observação, para medir a ascensão do nível

do lençol freático. Essa avaliação serve para definir a necessidade de execução de dreno longitudinal profundo lateral ou colchão drenante (Figura 19).

Na Figura 20 observa-se o detalhe de continuação do talude de corte esquerdo mostrado anteriormente (Figura 19).

Figura 20- Dreno Longitudinal Profundo (DPS esquerdo) revestido com selo de grama, continuação.



Fonte: foto do autor.

Na Figura 20 na área destacada com retângulo vermelho pode-se ver a continuação do Dreno Longitudinal Profundo com plantação de grama (execução de selo de proteção do dreno profundo).

As Figuras 21 e 22 mostra a finalização do talude direito juntamente com dreno longitudinal esquerdo onde a pista da esquerda converte á direita. Podemos observa-se que no final da execução do talude de corte para quem a pista converge a direita na pista, esse trecho reto e sem talude.

. Figura 21- Talude e Dreno Longitudinal Profundo lado direito da pista.



Fonte: foto do autor.

Figura 22- Talude Esquerdo continuação.



Fonte: foto do autor.

A Figura 23 mostra que ocorre nesse trecho da pista a continuação do talude da direita, e ocorre o seu término diminuindo sua altura juntamente.

Figura 23- Talude e DLP esquerdo continuação de projeto.



Fonte: foto do autor.

Há um declínio do talude direito diminuindo sua altura até encontrar com subleito e termina de encontro ao solo e dreno longitudinal profundo (Figura 23).

Na Figura 24 observa-se a execução da vala longitudinal profunda protegida com Bidim e aguardando a colocação do tubo perfurado e brita na especificada no cálculo e o fechamento com as bordas laterais e fechando com selo com próprio solo, contendo o lençol freático lateral do talude. Esse tipo de dreno é o DPS 07 especificado pelo DNIT na Figura 09. Foi esse dispositivo que escolhendo para demonstrar o dimensionamento hidráulico.

Figura 24- Dreno Longitudinal Profundo Esquerdo.



Fonte: DER_MG,2021.

Na Figura 25 observa-se a execução da camada de sub-leito sobre as pistas mostradas na Figura 24.

Figura 25- Execução da camada de Sub-leito.



Fonte; DER_MG, 2021.

Na Figura 25 na execução da camada de subleito vê-se uma motoniveladora executando espalhamento e nivelamento de solo dessa camada e distribuindo terra uniformemente e a compactação com rolo vibratório pé de carneiro, acompanhando a umidade ótima de compactação. Pode-se observar o plantio de gramas nos taludes laterais.

Nas Figuras 26 e 27 mostram a execução de dispositivo de drenagem tipo colchão drenante. Esse projeto foi executado na obra de estudo de caso.

Figura 26- Execução de selo com manta geotêxtil da camada de brita do colchão drenante.



Fonte; DER_MG, 2021.

Pode-se observar que depois de preparar o subleito compactando-o vem a montagem da brita especificada para o colchão drenante e o isolamento com manta geotêxtil (bidim) de toda camada de brita, onde há necessidade de conter o lençol freático.

A Figura 27 mostra a finalização de execução da manta geotêxtil sobre a camada de brita de material permeável do colchão drenante executado na obra de estudo de caso.

Figura 27- Execução de selo da camada de brita com manta geotêxtil de colchão drenante executado na obra de estudo de caso.



Fonte; DER_MG, 2021.

Observamos a continuidade de selo da camada de brita com bidim das duas pistas onde há a necessidade de conter o lençol freático e manter a estrutura da rodovia como base, sub-base e revestimento todos intactos sem a presença de água.

3.3. Análise dos dispositivos de drenagem da obra

Como foi observado e detalhado no memorial fotográfico da obra (estudo de caso) os dispositivos de drenagem profunda executados foram: Colchão Drenante e Dreno Profundo Lateral Simples (DPS) (Figuras 17 a 27).

Sendo assim optou-se por dimensionar esses dois dispositivos de drenagem no item 3.4 a seguir.

3.4. Dimensionamento de dispositivos (Colchão Drenante/Dreno profundo Lateral Simples)

Para a determinação da vazão drenada do lençol freático, é necessário a execução de investigações geotécnicas na área de projeto através de poços de observações de monitoramento, na época de chuva, para melhor entender a ascensão da água provinda do lençol freático.

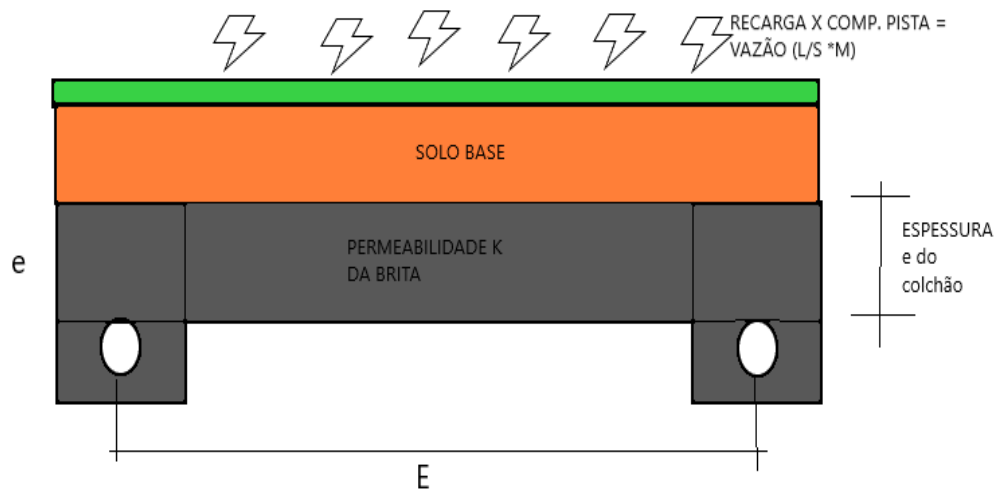
A coleta dos dados da profundidade do lençol freático é efetuada com sonda eletrônica e utilizando régua milimétrica, em cada poço, as profundidades freáticas que servem para a construção de mapas de isobatas e utilizados a geo-estatística para a análise de variabilidade. Sendo assim determina-se o volume de água a drenar em l/s/m. Mas no nosso estudo não foi possível ter acesso a esses relatórios.

Sendo assim foi realizado o dimensionamento dos dispositivos baseado nas exigências de execução de projetos do DNIT. O diâmetro do tubo PEAD corrugado de drenagem deve ser entre 100 mm ou 150 mm, isso drena uma vazão entre 2,6 l/s/m a 18,15 l/s/m. então decidiu-se fazer todos os dimensionamentos dos dispositivos de drenagem profunda nesse estudo com a vazão de 18,15 l/s/m.

O dimensionamento dos dois dispositivos mencionados anteriormente (um colchão drenante e um Dreno Longitudinal Profundo) foram executados com as fórmulas dada pela literatura e usando planilhas Excel para o cálculo.

Para a fase de dimensionamento de Colchão Drenante usou o esquema e a análise hidráulica da Figura 28. No esquema pode-se observar as camadas de execução do colchão, que deverá ser executado acima da camada de subleito ou da sub-base. A espessura “e” do colchão é determinada hidraulicamente, e também a profundidade das valetas de drenagem laterais. Observa-se também na Figura 28 a posição e espaçamento “E’ dos tubos de PEAD de drenagem. A brita comercial é escolhida pela sua permeabilidade e a manta geotêxtil pela sua vazão de fluxo de água.

Figura 28- Modelo de cálculo do colchão drenante.



Fonte: o autor (2026).

A base de dimensionamento é realizada pela Equação 1.

$$Q_{m\acute{a}x} = \frac{4 * K0 * e^2}{E} \quad \text{Equação 1.}$$

Onde:

Q máx. = = vazão máxima de precipitação (l/s/m);

K0= = Permeabilidade da brita do colchão (m/s)

E= = Espaçamento entre os drenos do colchão (m); e

e = = Espessura da camada drenante do colchão (m).

Para as permeabilidades do material granular executado no dispositivo tipo colchão drenante foi utilizado os valores de literatura, como mostra a Tabela 01.

Tabela 1- Valores de permeabilidade para material granular

Tipo de material	Granulometria (cm)	Permeabilidade (cm/s)
Brita 5	7,5 a 10,0	100
Brita 4	5,0 a 7,5	80
Brita 3	2,5 a 5,0	45
Brita 2	2,0 a 2,5	25
Brita 1	1,0 a 2,0	15
Brita 0	0,5 a 1,0	5
Areia grossa	0,2 a 0,5	1×10^{-1}
Areia fina	0,005 a 0,04	1×10^{-3}
Silte	0,0005 a 0,005	1×10^{-5}
Argila	menor que 0,0005	1×10^{-8}

Para o dimensionamento de drenos laterais Tubo PEAD corrugado executados dentro do Colchão drenante dentro das duas abas laterais (Figura 28) foi utilizado as características de tubos comerciais da Tabela 2.

Tabela 2- Diâmetro de tubos comerciais para dreno

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS TUBOS DRENOS KANANET					
Tubo dreno Kananet	DN 65	DN 80	DN 100	DN 170	DN 230
Raio de curvatura (mm)	350,0	400,0	420,0	800,0	1000,0
Resistência à compressão, mínima (Kgf)	20,0	40,0	45,0	30,0	60,0
Resistência ao impacto (J)	15,0	15,0	15,0	30,0	30,0
Área aberta perfurada (cm ² /m)	80,0	110,0	130,0	190,0	240,0
Vazão de influxo (cm ³ /s.m)	2730,0	3250,0	5490,0	11140,0	15850,0
Coeficiente de rugosidade Manning (n)	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016

O diâmetro do dreno é dimensionado como canal livre de seção plena e ideal para o valor de vazão obtido no estudo dos poços de observação. A vazão de escoamento em canal livre, tipo canal tubular, é calculado pela Fórmula de Manning (Equação 2, 2.a, 2.b e 2.c):

$$Q = \frac{1}{n} * A * Rh^{\frac{3}{2}} * J^{\frac{1}{2}}$$

Equação 2

$$A = \pi r^2 = \pi \frac{D^2}{4}$$

Equação 2.a

$$P = \pi D$$

Equação 2.b

$$Rh = \frac{A}{P}$$

Equação 2.c

Onde:

- Q = Vazão de escoamento (m³/s);
- n = Coeficiente de rugosidade de Manning (adimensional);
- A = Área molhada de escoamento (m²);
- P = Perímetro molhado (m);
- Rh = Raio hidráulico (m); e
- J = Declividade do canal de escoamento (m/m).

Para dimensionamento da manta Geotêxtil utilizou-se os dados de Fluxo de água da Tabela fabricante geossintéticos DIPROTEC _ Propriedades Hidráulicas (BIDIM RT Geotêxtil Não tecido) (Tabela 03).

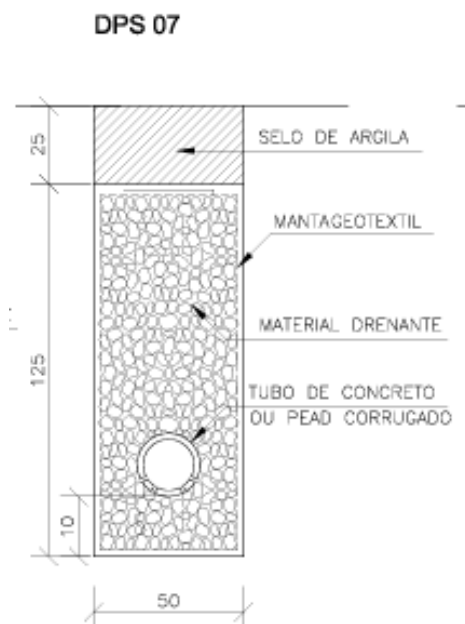
Tabela 3- Tabela fabricante geossintéticos DIPROTEC _ Propriedades Hidráulicas (BIDIM RT Geotêxtil Não tecido).

Propriedades	unidade medida	RT 07	RT08
Permeabilidade Normal	cm/s	0,4	0,39
Fluxo de água	l/min/m2	7450	6850
Comprimento	m	200	200
Largura	m	2,30 - 4,60	2,30 - 4,60

Fonte: do autor.

Para o dimensionamento do Dreno Lateral profundo Simples usou-se o esquema da Figura 29.

Figura 29- Dreno Lateral Profundo Simples.



Fonte: Manual_ Especificações de dispositivos DNIT-2016.

O Dnit determina que as dimensões de projeto do dreno tipo DPS sejam seguidas, sendo essas dimensões de projeto iguais a: altura do dreno 1,50 m e largura do dreno igual a 0,50 m. O dreno deve ser todo envolvido por manta geotêxtil (tipo bidim). Deve ser também executado um selo de argila de 0,25 m na parte superior do dreno. Esse selo gramado deve ser executado futuramente.

Como já mencionado o diâmetro do tubo PEAD corrugado deve ser entre 100 mm ou 150 mm.

O Material de enchimento deve ser executado com pedras comerciais: brita. O material de enchimento da vala pode ser filtrante ou drenante. A função do material filtrante é a de permitir o escoamento da água sem carrear finos e consequentemente evitar a colmatção do dreno. Poderão ser utilizados materiais naturais com granulometria apropriada ou geotêxteis.

A granulometria dos materiais filtrantes, e outras considerações, são obtidas pelo processo de TERZAGHI, pelas determinações de BUREAU OF RECLAMATION E SOIL CONSERVATION SERVICE, e no caso de geotêxteis pelo método do COMITÉ FRANCES DE GEOTEXTEIS e geomembranas. As recomendações de TERZAGHI, que deverão ser atendidas no projeto de Drenagem Profunda, são as seguintes:

Condições de permeabilidade;

$$d_{15\%F} \geq 5 d_{15\%S} \quad (\text{Máximo de 5\% passando em peneira nº 200})$$

Condição de não entupimento do material filtrante

$$d_{15\%F} \leq 5 d_{85\%S}$$

Sendo:

$d_{15\%F}$ = diâmetro correspondente à porcentagem de 15% passando do material filtrante;

$d_{15\%S}$ = diâmetro correspondente à porcentagem de 15% passando do solo a drenar; e

$d_{85\%S}$ = diâmetro correspondente à porcentagem de 85% passando do solo a drenar;

Condição de não entupimento do tubo:

$$d_{85\%F} > d_e$$

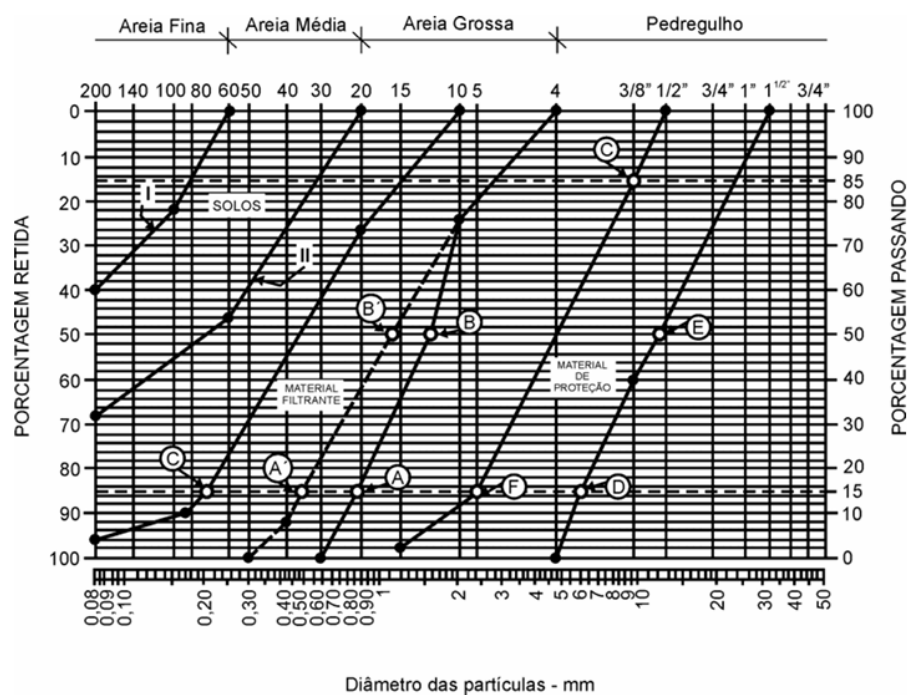
Sendo:

$d_{85\%F}$ = diâmetro correspondente à porcentagem de 15% passando do material filtrante; e

d_e = diâmetro correspondente ao diâmetro do tubo dreno;

Para escolha do material de execução do filtro determina-se as curvas de granulometria do solo e do material filtrante do dreno DPS e o diâmetro das pedras comerciais desse filtro em função das características dos solos dos cortes em taludes ou em estudo. Foram usadas curvas granulométricas que limitem faixas, nas jazidas encontradas, satisfazendo às exigências do processo de Terzaghi para projetos de filtros de drenos. O ábaco da Figura 30 foi utilizado para a escolha do material filtrante nessa pesquisa.

Figura 30- Determinação gráfica de material filtrante e drenante segundo Terzaghi.

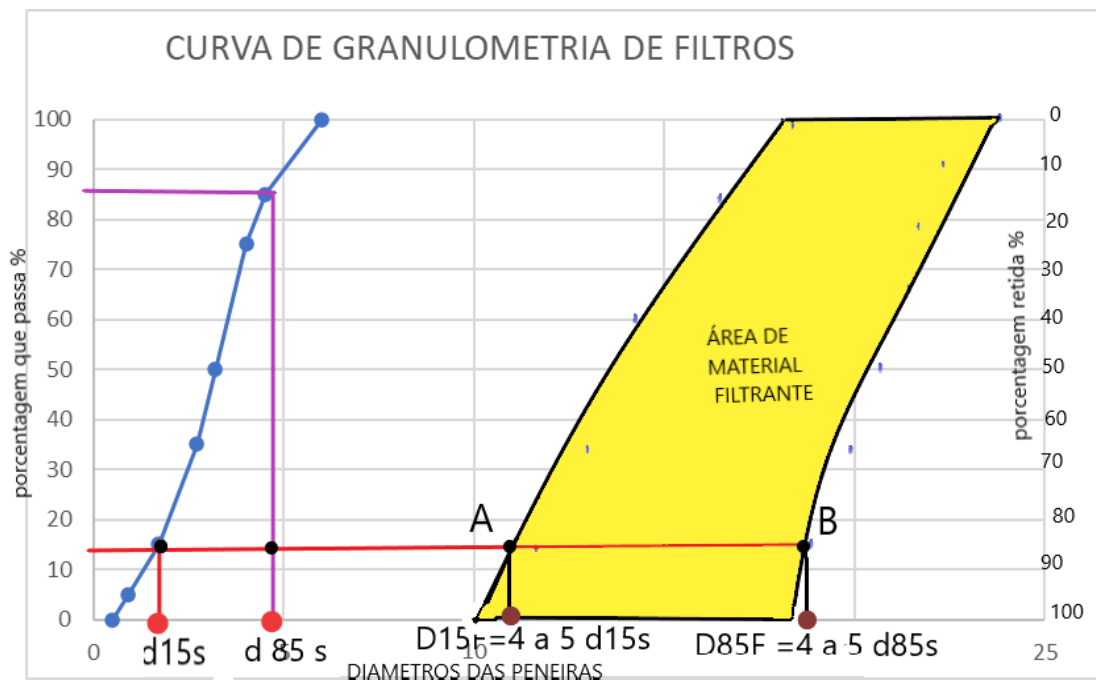


Fonte: Manual de Drenagem de rodovias DNIT-2006.

A metodologia aplicada na Figura 30 é explicada e resumida na Figura 31. Primeiramente realiza-se a granulometria do solo e traça-se a curva em azul na Figura 31 (curva granulométrica do solo do talude de instalação do DPS).

Realiza-se o ensaio de granulometria do solo. Em seguida na própria curva granulometria do solo determina o valor dos diâmetros $d_{15\%s}$ e $d_{85\%s}$, ou seja, os valores diâmetro correspondente à porcentagem de 15% passando do solo a drenar; e os valores diâmetro correspondente à porcentagem de 85% passando do solo a drenar, respectivamente (Figura 31).

Figura 31- Determinação gráfica de material filtrante e drenante segundo Terzaghi (explicação de uso).



Fonte: do autor.

Com os valores dos diâmetros $d_{15\%s}$ e $d_{85\%s}$ traça-se os pontos A e B no próprio ábaco de curva granulométrica do solo (reta horizontal vermelha). O valor do diâmetro do Ponto "A" é o valor do diâmetro $d_{15\%s}$ multiplicado por 5. E o valor do diâmetro do Ponto "B" é o valor do diâmetro $d_{85\%s}$ multiplicado por 5, também.

Depois pelos pontos A ($d_{15\%s} \times 5$) e B ($d_{85\%s} \times 5$) e traça-se as duas curvas granulométricas com a mesma curvatura da curva do solo coletado no talude de

corte onde foi executado o DPS (curvas em preto na Figura 31). Obtendo-se a área amarela da Figura 31 que é a área do material (pedra comercial) que tem características granulométricas ideal para ser um filtrante.

Faz-se, se preciso, várias misturas de pedras comerciais e traça-se curvas para que encontre uma granulometria que esteja locada nessa região de material adequado para filtro.

Os ensaios de granulométrica do solo e do material filtrante (brita comercial) foram determinadas em laboratório tanto para o solo como para o material de filtros conforme Figura 32 e 33.

Figura 32- Ensaio de granulometria de solo (Laboratório Pavimentação do Departamento de Engenharia de Transportes _CEFETMG-Campus Nova Suíça).



Fonte: do autor.

Figura 33- Ensaio de granulometria de material filtrante: brita (Laboratório Pavimentação do Departamento de Engenharia de Transportes _CEFETMG-Campus Nova Suíça).

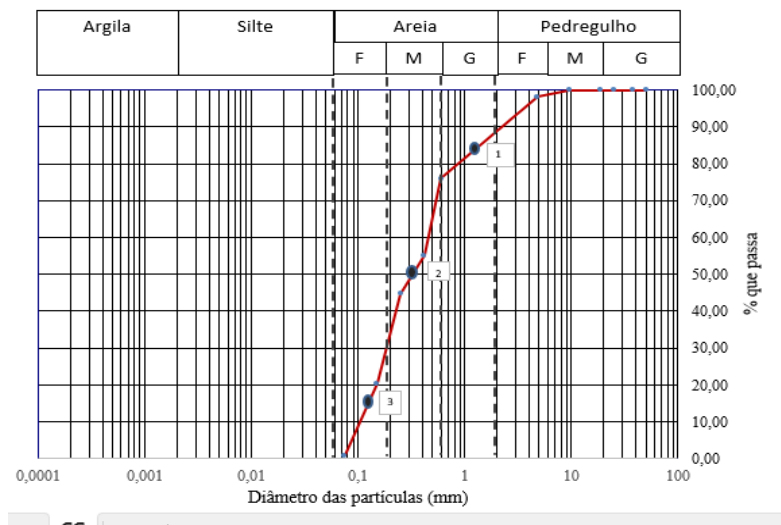


Fonte: do autor.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

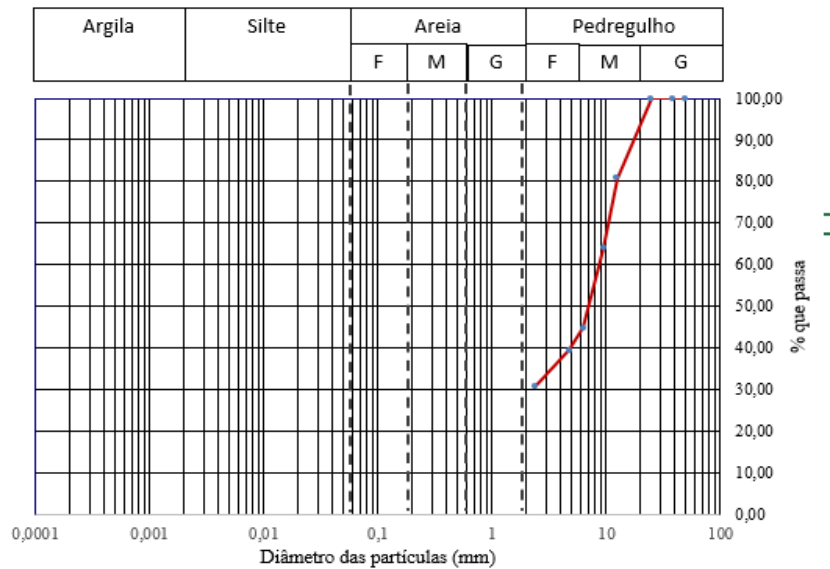
Foi realizado o dimensionamento do Dreno Profundo Longitudinal Simples (DLPS) conforme descrito na metodologia. Para isso, primeiramente com os ensaios de granulometria do solo local e do material filtrante: brita comercial, traçou-se as curvas de granulometria de solo e da brita (Figuras 34 e 35).

Figura 34- Ensaio de granulometria de solo.



Fonte: do autor.

Figura 35- Curva de Ensaio de granulometria de material filtrante: brita.



Fonte: do autor.

Observa-se que o solo local se mostrou bastante arenoso (Figura 34) dificultando o seu uso, para solo de envoltório do DPS. Deve-se com o tempo verificar o funcionamento do DPS e suas funções de drenagem.

Lembrando que ao analisar a Figura 35 temos que verificar se o material filtrante é ideal.

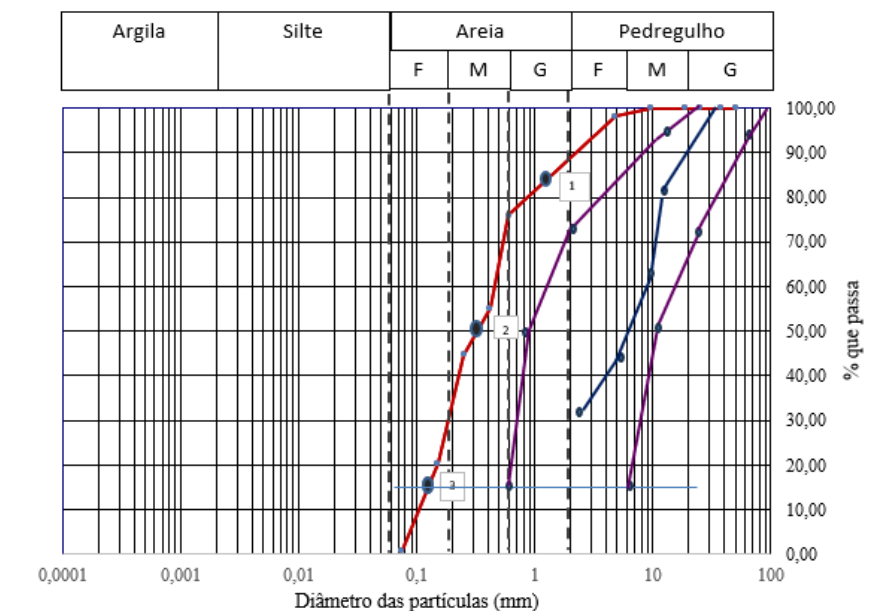
De acordo com a regra de Condição de não entupimento do tubo: $d_{85\%F} > d_e$

Sendo: $d_{85\%F}$ = diâmetro correspondente à porcentagem de 85% passando do material filtrante;

e d_e = diâmetro correspondente ao diâmetro do tubo dreno;

Montou-se também a curva granulométrica para a escolha do material filtrante com os dados obtidos nas curvas das Figuras 34 e 35. Podemos observar o resultado obtido na Figura 36.

Figura 36- Curva de resultado de material filtrante: brita, para verificação se é elemento filtrante ideal de acordo com a granulometria do solo.



Fonte: do autor.

Ao analisar figura 36 percebemos que o material escolhido como filtrante se encaixa na área determinada para as características de granulometria exigida

para esse material, é a curva de granulometria do material filtrante (curva em azul) está na área compreendida entre as curvas em cor roxa (curva método de Terzaghi) que foram determinadas conforme explicado na metodologia (Figura 31).

Infelizmente as britas comerciais não atenderam essa exigência da metodologia de Terzaghi proposta aqui, nesse caso foi realizado uma escolha de material misto de pedras comerciais. A Tabela 04 mostra a escolha de material misto.

Tabela 4- Material filtrante misto de pedras comerciais.

MATERIAL	PERCENTUAL %	VALORES EM g(grama)
BRITA 0	40%	200
BRITA 1	40%	200
PÓ DE PEDRA	20%	100
TOTAL		500

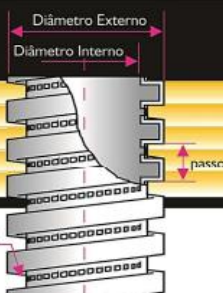
Fonte: do autor.

Para a análise dos resultados de dimensionamento de dreno (tubo PEAD) adotou-se os diâmetros recomendados pelo DNIT, para projetos do DPS 7 (Figura 29) que é os diâmetros de 100 mm e 150 mm. A Tabela 05 mostra as especificações desses tubos comerciais.

Observando a Tabela 05 percebe-se que os valores de tubos mais próximos do sugerido pelo DNIT é o DN 100 e DN170. Para as declividades de projeto de 1% as vazões de drenagem são: para DN 100 iguais a 2,60 l/s/m e DN170 igual a 12,83 l/s/m. E para as declividades de projeto de 2% as vazões de drenagem são: para DN 100 iguais a 3,68 l/s/m e DN170 igual a 18,15 l/s/m (valores destacados com retângulos vermelhos na Tabela 05). Essas declividades de projeto 1% e 2% são as mais usuais.

Tabela 5- Tubos comerciais PEAD para drenagem profunda Kananet.

Diâmetro Nominal (pol.)	Diâmetro Externo (mm)	Diâmetro Interno (mm)	Área Aberta (cm ² / m)	Fornecimento		
				Barras (m)	Rolos (50 m)	
2.1/2"	65	67,0	80	6	12	1,23 x 0,40
3"	80	80,0	110	6	12	1,37 x 0,40
4"	100	101,0	130	6	12	1,52 x 0,40
6"	170	169,0	190	6	12	-
8"	230	231,5	240	6	12	-



Toda obra que se constrói para ter longevidade precisa ter tecnologia arrojada do Kananet.

I (%)	Vazões (Q) e Velocidades de Fluxo (V)									
	DN 65		DN 80		DN 100		DN 170		DN 230	
	V (m/s)	Q (l/s)	V (m/s)	Q (l/s)	V (m/s)	Q (l/s)	V (m/s)	Q (l/s)	V (m/s)	Q (l/s)
5,0	0,92	2,48	0,98	3,26	1,14	5,83	1,70	28,70	2,07	62,56
4,0	0,82	2,21	0,88	2,92	1,00	5,21	1,52	25,67	1,85	55,96
3,0	0,71	1,91	0,76	2,53	0,88	4,51	1,32	22,22	1,60	48,46
2,0	0,58	1,56	0,62	2,01	0,72	3,68	1,07	18,15	1,31	39,57
1,0	0,41	1,10	0,44	1,46	0,51	2,60	0,76	12,83	0,92	27,98
0,5	0,29	0,78	0,31	1,03	0,36	1,84	0,54	9,07	0,65	19,78
0,4	0,26	0,70	0,28	0,92	0,32	1,65	0,48	8,12	0,58	17,69
0,3	0,22	0,59	0,24	0,80	0,28	1,43	0,42	7,03	0,51	15,32
0,2	0,18	0,48	0,20	0,65	0,23	1,17	0,34	5,74	0,41	12,51
0,1	0,13	0,35	0,14	0,46	0,16	0,82	0,24	4,06	0,29	8,85

I(%): Declividade

Principais Aplicações

- Aeroportos
- Barragens e diques
- Dispersão de efluentes de esgotos
- Drenagem agrícola
- Ferrovias
- Rodovias
- Pátios e estacionamentos
- Aterros sanitários
- Campos e pistas esportivas
- Obras de contenção
- Parques e jardins
- Subsolos
- Valas de absorção
- Garagens

Fonte: www.kanaflex.com.br.

Utilizando esses dados do fabricante realizou-se também o dimensionamento dos tubos drenos pela Fórmula de Manning, para tubos PEAD, com os valores de seus diâmetros internos (Equação 2, 2a, 2b e 2c). A Tabela 06 demonstra esse dimensionamento. O fabricante descreve que o coeficiente “n” de rugosidade de Manning para esses tubos é igual a 0,016. E os diâmetros internos adotados foram: para DN 100 iguais a 85 mm e DN170 igual a 149 mm.

Tabela 6- Dimensionamento dos tubos drenos pela Fórmula de Manning, para tubos PEAD.

D nominal	D interno	n	j	Am (m2)	Pm (m)	RH (m)	Q (m3/s)	Q (l/s)
DN100	0,085	0,016	0,01	0,005675	0,267035	0,02125	0,002721	2,720907
DN170	0,149	0,016	0,01	0,017437	0,468097	0,03725	0,012155	12,15514
DN100	0,085	0,016	0,01	0,005675	0,267035	0,02125	0,005442	5,441814
DN170	0,149	0,016	0,02	0,017437	0,468097	0,03725	0,02431	24,31028

Fonte: do autor.

Comparando as Tabelas 04 e 05 percebemos que a vazão recomendada de drenagem pelo fabricante é muito similar as calculadas pela Fórmula Manning (em l/s/m). Isso é demonstrado na Tabela 07 e na Figura 37.

Tabela 7- Comparação de valores de vazão (l/s) de drenagem do fabricante de tubos PEAD e as calculadas pela Fórmula Manning.

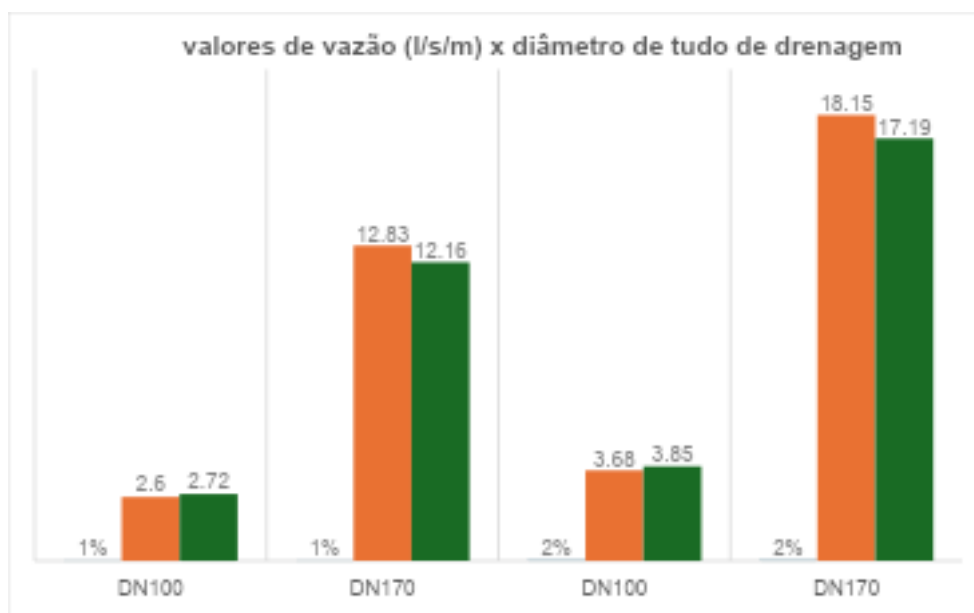
D nominal	declividade	*Tubo Kanaflex (l/s/m)	**Formula Manning (l/s/m)
DN100	1%	2,6	2,72
DN170	1%	12,83	12,16
DN100	2%	3,68	3,85
DN170	2%	18,15	17,19

* extraído da tabela de PEAD para drenagem/Kanaflex

**calculado pela formula de Manning ($Q = 1/n \cdot A_m \cdot (Rh^{(2/3)}) \cdot (j^{(0,5)})$)

Fonte: do autor.

Figura 37- Comparação de valores de vazão (l/s) de drenagem do fabricante de tubos PEAD e as calculadas pela Fórmula Manning.



Fonte: do autor.

Na Figura 37 que mostra a comparação de valores de vazão (l/s/m) de drenagem do fabricante de tubos PEAD e as calculadas pela Fórmula Manning, observa-se que as barras laranjas são os valores de vazão de drenagem do fabricante de tubos PEAD e as barras verdes são as vazões calculadas pela Fórmula Manning. Na Figura 37 está plotados a declividade, os valores de vazões (l/s/m) de cada método e o valor do DN dos drenos PEAD no eixo x.

Analisando os resultados da comparação de valores de vazão (l/s) de drenagem do fabricante de tubos PEAD e as calculadas pela Fórmula Manning adotamos para o projeto da obra visitada o diâmetro nominal igual a DN170, declividade de projeto igual a 2% (0,02 m/m) e uma vazão de drenagem profunda do lençol freático de 18,15 l/s/m por metro de tubo de drenagem.

Calculou-se a vazão de fluxo para a área lateral do Dreno Profundo Longitudinal Simples que é igual a 740 l/mim/m² como demonstrado na Tabela 08. Esse valor equivale ao escoamento de uma vazão de 18,5 l/s/m que a capacidade do tudo PEAD do dreno DN 170. Comparando essa vazão com as vazões de Fluxo de água da Tabela 04 (Tabela fabricante geossintéticos DIPROTEC _ Propriedades Hidráulicas (BIDIM RT Geotêxtil Não tecido)) escolheu-se a manta BIDIM RT Geotêxtil Não tecido RT 08 pois ela escoar um fluxo de 6850 l/mim/m², essa manta é vendida em rolos de 200 m de comprimento e largura de 2,30 a 4,60 m.

Tabela 8- Fluxo de água necessário para dreno DN 170.

Dreno Longitudinal Profundo Simples	unidade medida	
Espessura (e)	m	1,500
Largura	m	0,50
Comprimento	m	100
Fluxo de água	l/min/m ²	740,00
Area lateral dreno Profundo Longitudinal	m ²	1,50
**passou o RT 08		

Fonte: do autor.

Para o dimensionamento do colchão drenante usou-se a Equação 1 obtendo-se a espessura necessária para drenar uma vazão de 18,5 l/s/m que a capacidade do tudo PEAD do dreno DN 170. Essa espessura foi de 0,314 m (Tabela 09).

A Tabela 09 demonstra os cálculos de dimensionamento desse colchão.

Tabela 9- Dimensionamento da espessura do colchão drenante.

DADOS DE ENTRADA		
$Q_t = 4 \cdot K_0 \cdot e^2 / E$		
Q máx (l/s/m) =	18,5	vazão máxima de precipitação
K0 (m/s) =	0,45	Permeabilidade da brita do colchão = Brita 3
E (m)=	9,6	Espaçamento entre os drenos do colchão
Q máx =	0,0185	m ³ /S
comprimento colchão na pista	101,33	m
e (espessura do colchão)	0,314	m
e (espessura do colchão)	31,411	cm

Fonte: do autor.

Para as permeabilidades do material granular executado no dispositivo foi utilizado os valores de literatura, como mostra a Tabela 01 (Valores de permeabilidade para material granular) a pedra escolhida foi brita 3 com “k’ o coeficiente de permeabilidade igual a 0,45 m/s.

Para o dimensionamento de drenos executados dentro do Colchão drenante dentro das duas abas laterais (Figura 28) foi utilizado a tabela de tubos comerciais da Tabela 02 (Diâmetro de tubos comerciais para dreno) e escolheu o dreno do tudo PEAD o dreno com diâmetro nominal DN 170.

A pista tem um comprimento de 101,50 m e largura de 9,60 m, com declividade longitudinal de 3% (0,03 m/m).

Calculou-se a vazão de fluxo para a área lateral do colchão drenante de acordo com o esquema de projeto da Figura 28. Essa vazão de água é igual a 3533,77 l/mim/m² como demonstrado na Tabela 10. Esse valor equivale ao escoamento de uma vazão de 18,5 l/s/m que a capacidade do tudo PEAD do dreno DN 170. Comparando essa vazão com as vazões de Fluxo de água da Tabela 04 (Tabela fabricante geossintéticos DIPROTEC _ Propriedades Hidráulicas (BIDIM RT Geotêxtil Não tecido)) escolheu-se também a manta BIDIM RT Geotêxtil Não tecido RT 08 pois ela escoar um fluxo de 6850 l/mim/m², essa manta é vendida em rolos de 200 m de comprimento e largura de 2,30 a 4,60 m.

Tabela 10- Fluxo de água necessário para dreno lateral DN 170 do colchão drenante.

Colchão drenante	unidade medida	
Espessura (e)	m	0,314
largura	m	9,60
comprimento	m	101,33
Fluxo de água	l/min/m ²	3533,77
Área lateral colchão	m ²	0,314
passou o RT 08		

Fonte: do autor.

Então o projeto de colchão drenante foi de largura igual 9,60 m, comprimento 101,50 m, declividade longitudinal de 3%, espessura “e” igual 0,314 m. E executado com pedra comercial (colchão e valetas laterais) com brita 3. Todo o colchão e valetas foi selado com manta permeável geotêxtil tipo BIDIM RT Geotêxtil Não tecido tipo RT 08. As valetas laterais foram executadas utilizando tubo dreno PEAD corrugado de DN 170 com vazão de escoamento de 18,5 l/s/m como mostra as Figuras 26 e 27.

Esse dispositivo tem as características ideais para manter o rebaixamento das águas do lençol freático mantendo a integridade da pista de estudo de caso.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A visita em loco do estudo de caso escolhido foi muito integrante e ajudou a entender a locação e disposição do projeto de drenagem profunda da obra.

Apesar de não se conseguir dados de relatório de investigações geotécnicas na área de projeto através de poços de observações de monitoramento, na época de chuva, para melhor entender a ascensão da água provinda do lençol freático, pode se fazer um dimensionamento do dispositivo de Drenagem Longitudinal Profunda similar ao memorial de fotos apresentado na pesquisa de campo e igual ao projeto DPS 7 do Manual de dispositivos de drenagem do DNIT.

A curva de granulometria do solo mostrou-se bastante arenoso (Figura 34) dificultando o seu uso, para solo de envoltório do DPS. Deve-se com o tempo verificar o funcionamento do DPS e suas funções de drenagem. Isso pode ser mitigado utilizando também manta geotêxtil em volta do tudo PEAD de drenagem, evitando o entupimento dos furos do tubo por grãos do solo transportados pela água de drenagem.

Utilizou-se a metodologia sugerida pelo DNIT (metodologia de Terzaghi) para a escolha do material filtrante do dreno DPS 7, mas as britas comerciais não atenderam essa exigência da proposta aqui, nesse caso foi realizado uma escolha de material misto de pedras comerciais. Com uma mistura de pedras comerciais e proporção em massa igual a: 40% de brita 1, 40% de brita 0 e 20% de pó de pedra.

A comparação de uso de drenos para Drenagem Longitudinal Profunda com dados do fabricante e dimensionamento dos tubos drenos pela Fórmula de Manning, para tubos PEAD, com os valores de seus diâmetros internos, foram muito similares.

Analisando os resultados da comparação de valores de vazão (l/s) de drenagem do fabricante de tubos PEAD e as calculadas pela Fórmula Manning adotamos para o projeto da obra visitada o diâmetro nominal igual a DN170, declividade de projeto igual a 2% (0,02 m/m) e uma vazão de drenagem profunda do lençol freático de 18,15 l/s/m por metro de tubo de drenagem. O dreno Lateral

Profundo Simples foi selado com manta permeável geotêxtil tipo BIDIM RT Geotêxtil Não tecido tipo RT 08. E seu projeto executivo final ficou com largura de 0,50 m e 1,50 de profundidade e comprimento de 100 m.

E o dispositivo tipo colchão drenante foi executado em o projeto com largura igual 9,60 m, comprimento 101,50 m, declividade longitudinal de 3%, espessura “e” igual 0,314 m. E executado com pedra comercial (colchão e valetas laterais) com brita 3. Para o dimensionamento de drenos executados dentro do Colchão drenante (dentro das duas abas laterais escolheu) o dreno do tudo PEAD com diâmetro nominal de DN 170. Todo o colchão e valetas foi selado com manta permeável geotêxtil tipo BIDIM RT Geotêxtil Não tecido tipo RT 08

6. TRABALHOS FUTUROS

Para esse estudo, os recursos necessários foram apenas o computador para pesquisa das referências bibliográficas, visita in loco, e dimensionamento conforme literatura e pesquisas similares.

Agora para trabalhos futuros, recomenda-se investigações geotécnicas na área de projeto através de poços de observações de monitoramento, na época de chuva, para melhor entender a ascensão da água provinda do lençol freático.

A coleta dos dados da profundidade do lençol freático poderá ser efetuada com sonda eletrônica e utilizando régua milimétrica, em cada poço, as profundidades freáticas serão utilizadas para a construção de mapas de isobatas e utilizados a geo-estatística para a análise de variabilidade. Os mapas gerados poderão ser mais bem estudados para definir o problema de drenagem da área

Também poderá ser realizado o reconhecimento do local com o uso de um drone.

7. REFERÊNCIAS

BAPTISTA, Márcio; NASCIMENTO, Nilo; BARRAUD, Sylvie. **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Texto, 2011.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 172/2016 – ME-IPR 724- **Manual de Drenagem de Rodovias** - 2006 - pag.249

DEPARTAMENTO DE EDIFICAÇÕES E ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS. DER_MG. **Manual de Procedimentos para Elaboração de Estudos e Projetos de Engenharia Rodoviária Volume VII – Projeto de Drenagem**, 2021.

DEPARTAMENTO DE EDIFICAÇÕES E ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS. DER_MG. **Obras públicas do DER_MG**. Disponível em: <https://www.der.mg.gov.br/transparencia/obras-publicas>. Acesso em: 6 março. 2026.

DEPARTAMENTO DE EDIFICAÇÕES E ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS. DER_MG. **Mapas de Obras públicas do DER_MG**. Disponível em: <https://portal.der.mg.gov.br/obras-gov-map/#/map>. Acesso em: 6 março. 2026.

DIPROTEC GEO. **Geocomposto drenante**. Site da Diprotec Geo. Disponível em: <https://www.diprotecgeo.com.br/produtos/geocomposto-drenante/>. Acesso em: 5 jul. 2025.

GOULART, Victor Miranda; LIMA, Roberto Azevedo; NUNES, Michelle Marconi. **Pavimentação de Rodovias – materiais, projeto e manutenção**. São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2017.

JABÔR, Marcos A. **Estudos de Projetos de Drenagem**, Belo Horizonte, MG, 2022 Pag.158.

JABÔR Marco A., **Drenagens Profundas, Noções de Drenagem** , site encontrado; 420_12-nocoas_de_drenagem.pdf , visitado 28-06-25.

GOOGLE MAPS. <https://www.google.com/maps>. Acesso: 16/04/2026.

LIMA, wallesson A. de S., et. all. **Sistemas de Drenagem: a importância para a Infraestrutura do Transporte Rodoviário Brasileiro**, São Luiz, Maranhão, 2022. Site vis. 20-06-2025.

ROCHA, Eider Gomes de Azevedo. **Conceitos Básicos de Hidrologia e Drenagem para Projetos Rodoviários**. Brasília: Instituto de Pesquisa em Transportes (IPR); Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), 2022. site visitado 16-06-

2025.<https://repositorio.enap.gov.br/jspui/bitstream/1/7814/6/M%C3%B3dulo%206%20-%20Drenagem%20subsuperficial%20e%20profunda.pdf> .

SOUZA; Gilmar de Carvalho; SILVA, Lúcio de Paula. **Drenagem Rodoviária: Infraestrutura e superestrutura**. Revista de Engenharia da UFPE, vol. 10, n. 6, 2017.

SOUZA; Ruth Xavier de; MOREIRA, Luiz Cicero Carvalho. **Sistemas de drenagem: Estudo exploratório das principais variáveis relacionadas as estruturas das rodovias**. Brasília: IPEA, p. 409-463, 2018.

TERZAGHI, K., PECK, RB e MESRI, G. (1996) **Mecânica do Solo na Prática de Engenharia**. 3ª edição, John Wiley and Sons, Inc., Nova York.
<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1274157>. Site; visitado; 27-06-2025.