



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**

**CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E  
AMBIENTAL CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA  
CIVIL**

**HAMILTON LUIZ SOUZA DA SILVA**

**PAVIMENTAÇÃO DE VIAS URBANAS COMO MEIO DE MITIGAR A EXPOSIÇÃO  
DA POPULAÇÃO A INALAÇÃO DE PARTÍCULAS FINAS.**

RECIFE, 2024

**HAMILTON LUIZ SOUZA DA SILVA**

**PAVIMENTAÇÃO DE VIAS URBANAS COMO MEIO DE MITIGAR A EXPOSIÇÃO  
DA POPULAÇÃO A INALAÇÃO DE PARTÍCULAS FINAS.**

Monografia apresentada à Universidade Federal  
de Pernambuco como parte dos requisitos  
necessários à consecução da qualificação de  
engenheiro

Área de aplicação: Engenharia Civil

Orientador: Prof. Dr. Maurício Oliveira de  
Andrade

RECIFE, 2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Silva, Hamilton Luiz Souza da.

Pavimentação de vias urbanas como meio de mitigar a exposição da população a inalação de partículas finas. / Hamilton Luiz Souza da Silva. - Recife, 2024.  
80 : il., tab.

Orientador(a): Maurício Oliveira de Andrade

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia Civil - Bacharelado, 2024.

Inclui anexos.

1. Material Particulado. 2. Pavimentação. 3. Vila Tancredo Neves. 4. Dimensionamento. I. Andrade, Maurício Oliveira de . (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**PARECER DA COMISSÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II**

**HAMILTON LUIZ SOUZA DA SILVA**

**PAVIMENTAÇÃO DE VIAS URBANAS COMO MEIO DE MITIGAR A EXPOSIÇÃO  
DA POPULAÇÃO A INALAÇÃO DE PARTÍCULAS FINAS.**

**ÁREA DE APLICAÇÃO: ENGENHARIA CIVIL**

A comissão examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro, considera o candidato HAMILTON LUIZ SOUZA DA SILVA, **APROVADOS COM NOTA \_\_\_\_\_**.

Recife, 05 de abril de 2024.

---

Prof. Dr. Maurício Oliveira de Andrade (Orientador)

---

Profa. Dr. Lígia Rabay Manguiera (Coordenadora da disciplina TCC2)

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de expressar minha profunda gratidão à minha família pelo apoio, compreensão e paciência em todos os momentos de jornada. Em especial, à minha mãe, que sempre cuidou de todos seus filhos com muito amor e carinho. Nos momentos de tristeza e angústia, ela sempre me confortou com suas palavras de sabedoria.

Aos meus amigos, em especial Túlio Felipe pelo apoio e suporte na elaboração deste relatório, esteve comigo do início ao fim, durante os momentos de tentativas bem-sucedidas e também nos momentos de fracassos, esteve próximo oferecendo apoio e propondo novas abordagens sobre o tema. Ao técnico de laboratório Gutemberg, pela disponibilidade e paciência demonstrada na realização dos ensaios no Laboratório de Solos e Geotecnia da Universidade Federal de Pernambuco.

A minha namorada Juliana Pedrosa que sempre me incentivou em todos os momentos.

A empresa a qual faço parte, Engea Consultores LTDA, por me proporcionar a oportunidade de expandir minha visão sobre engenharia, contribuindo para o meu crescimento pessoal e profissional. A todos meus amigos e amiga de trabalho, Klebinaldo de Santana, Felipe Augusto, Lucas Eduardo e Mariana Godoy que sempre me incentivaram..

Ao meu orientador Dr. Professor Mauricio Andrade, pela confiança, conversas e suporte, para que o estudo ocorresse da melhor forma. Obrigado professor.

A todos que contribuíram de alguma forma para a realização desse sonho e que não foram mencionados.

## RESUMO

Este estudo investiga os impactos negativos na saúde decorrentes da exposição a poeira gerada em vias não pavimentadas na comunidade Vila Tancredo Neves, situada no Bairro da COHAB, na cidade do Recife, estado de Pernambuco. Utilizou questionários aplicados aos residentes com auxílio do aplicativo MOREAPP. Identificou uma prevalência de doenças respiratórias, 36 pessoas afetadas entre as 180 pessoas levantadas das 35 famílias entrevistadas com doenças pré-existentes entre crianças e idosos como asma, bronquite e rinite, entre aqueles que vivem em áreas próximas às vias não pavimentadas. A análise das amostras coletadas em campo revelou a presença de elementos granulares como silte e argila, com dimensões capazes de penetrar no trato respiratório, prejudicando o sistema respiratório superior e inferior. Além disso, foi observada uma significativa proporção de crianças e idosos nessas residências, grupos populacionais mais vulneráveis aos efeitos nocivos da exposição desse material particulado. Diante desse cenário, a importância da pavimentação das vias locais como medida eficaz para reduzir a emissão de poeira e melhorar a qualidade do ar, contribuindo assim para prevenção de doenças respiratórias e para o bem-estar geral da comunidade. Os resultados ressaltam a relevância do planejamento urbano sustentável. O dimensionamento foi realizado utilizando um programa aberto do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (MeDiNa) do Governo Federal. Apresentou um Número Equivalente total de passagens do eixo padrão na faixa de projeto com N igual a  $6,31 \times 10^5$  de via local com um Volume Médio Diário (VMD) de 327 veículos, apresentou um nível de confiabilidade de 65%, para uma espessura total de 31,5 centímetros, adequado para as vias locais em estudo. Conclui-se que a pavimentação é um componente essencial para promoção da saúde pública e para o desenvolvimento urbano equitativo.

**Palavras chaves:** Material Particulado; Pavimentação; Vila Tancredo Neves; Dimensionamento

## ABSTRACT

This study investigates the negative health impacts resulting from exposure to dust generated on unpaved roads in the community of Vila Tancredo Neves, located in the COHAB neighborhood in the city of Recife, state of Pernambuco. Questionnaires were administered to residents with the assistance of the MOREAPP application. It identified a prevalence of respiratory diseases, with 36 affected individuals out of the 180 surveyed from 35 interviewed families with pre-existing conditions among children and elderly, such as asthma, bronchitis, and rhinitis, among those living in areas near unpaved roads. Analysis of field-collected samples revealed the presence of granular elements like silt and clay, with dimensions capable of penetrating the respiratory tract, affecting both the upper and lower respiratory systems. Additionally, a significant proportion of children and elderly individuals were observed in these households, populations more vulnerable to the harmful effects of exposure to particulate matter. Given this scenario, I emphasize the importance of paving local roads as an effective measure to reduce dust emissions and improve air quality, thereby contributing to the prevention of respiratory diseases and the overall well-being of the community. The results underscore the relevance of sustainable urban planning. The dimensioning carried out using an open program from the National Department of Transportation Infrastructure (MeDiNa) of the Federal Government presented a Total Equivalent Number of Standard Axle Passages in the project lane of  $N$  equal to  $6.31 \times 10^5$  for local roads with an Average Daily Traffic (ADT) of 327 vehicles, with a reliability level of 65%, for a total thickness of 31.5 centimeters, suitable for the local roads under study. Therefore, paving is an essential component for promoting public health and equitable urban development.

**Keywords:** Particulate matter; Paving, Vila Tancredo Neves; Sizing

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Resumo dos efeitos na saúde de poluentes atmosféricos.....	20
Figura 2 – Principais regiões do trato respiratório .....	21
Figura 3 - Porção condutora e respiratória .....	22
Figura 4 – Deformabilidade do pavimento .....	24
Figura 5 – Classificação do revestimento .....	25
Figura 6 – Camadas de pavimentação.....	26
Figura 7 – Localização da área de estudo .....	28
Figura 8 - Bairro da COHAB e localização das amostras.....	29
Figura 9 – Vias locais onde foram coletadas as amostras .....	30
Figura 10 – Etapas do estudo de caso .....	30
Figura 11 - Delimitação da área de estudo.....	31
Figura 12 – Resíduos sólidos descartados na via local Rua Poeta Mauro Mota .....	32
Figura 13 – Elevação do terreno .....	36
Figura 14 – Declividade do terreno.....	37
Figura 15 -Microdrenagem segundo a base de dados ESIG .....	38
Figura 16 - Canaleta de drenagem na Rua Poeta Mario Mota .....	39
Figura 17 – Questionario aplicado no estudo de caso.....	40
Figura 18 - Dados coletados em campo .....	41
Figura 19 –Pessoas com doenças pré-existentes no aparelho respiratório.....	41
Figura 20 – Amostras coletadas em campo.....	43
Figura 21 – A) Amostra 1, B) Amostra 2, C) Amostra 2 destorroada e D) Amostra 1 destorroada .....	44
Figura 22 – Amostras A1 e A2 ensaio de sedimentação.....	46
Figura 23 – Sedimentação das amostras passante na pereira n°10 .....	47
Figura 24 – Planilhas com as leituras do tempo de sedimentação amostras A1 e A2 .....	48
Figura 25 - Aparelho de Casagrande com amostra de solo.....	49
Figura 26 – Planilhas ensaio do limite de liquidez e plasticidade .....	50
Figura 27 – Ensaio de plasticidade.....	51
Figura 28 – Ensaio de compactação.....	52
Figura 29 – Procedimentos para montar o corpo de prova amostra A1 .....	53
Figura 30 Número de crianças identificadas durante o levantamento de campo com doenças pré-	

existentes .....	55
Figura 31 - Número de idosos identificados durante o levantamento de campo com doenças pré-existentes.....	55
Figura 32 – Curva da amostra A1 .....	56
Figura 33 - Curva da amostra 2 .....	57
Figura 34 – Curva granulometrica da amostra A1 .....	59
Figura 35 - Curva granulometrica da amostra A2.....	60
Figura 36 – Gráfico Limite de Liquedez amostra A1 .....	61
Figura 37 - Gráfico Limite de Liquedez amostra A2.....	62
Figura 38 – Curva de Compactão da A1 .....	63
Figura 39 – Curva de Compactão da A2 .....	64
Figura 40 – Curva CBR da amostra A1 .....	66
Figura 41 - Ábaco espessura do pavimento dado pelo valor de N e o CBR.....	67
Figura 42 – Cálculo de Fator de Veículo .....	69
Figura 43 – Dados do tráfego.....	70
Figura 44 – Propriedades do Subleito .....	71
Figura 45 – Propriedades da Base .....	71
Figura 46 – Propriedades da Faixa de Rolagem.....	72

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Vias locais objeto de estudo .....	35
Tabela 2 – Famílias levantadas em campo.....	42
Tabela 3 – Doenças pre-existentes em crianças e idosos .....	42
Tabela 4 – Peneiramento da amostra A1 solo graúdo e miúdo.....	56
Tabela 5 - Peneiramento da amostra A2 solo graúdo e miúdo.....	58
Tabela 6 – Dados do ensaio de sedimentação da amostra A1.....	59
Tabela 7 - Dados do ensaio de sedimentação da amostra A2 .....	59
Tabela 8 – Resultados dos limites de Atterberg da amostra A1.....	60
Tabela 9 - Resultados dos limites de Atterberg da amostra A2 .....	62
Tabela 10 - Peso específico aparente seco máximo e umidade ótima da amostra A1 .....	64
Tabela 11 - Peso específico aparente seco máximo e umidade ótima da amostra A2 .....	65
Tabela 12 – Resultados do CRB da amostra A1 .....	66
Tabela 13 – Volume das classes de veículos nas duas vias .....	67
Tabela 14 – Fator de eixo (FE).....	68
Tabela 15 – Critérios e confiabilidade de com o tipo da via.....	72

## Sumário

1.	INTRODUÇÃO .....	12
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	17
2.4.1	Tráfego.....	23
2.4.2	Classificação das Vias .....	23
2.4.3	Geometria da Via.....	23
2.4.4	Condições do Subleito.....	23
2.4.5	Materias.....	23
3.	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	27
3.1	Localização da Área de Estudo.....	27
3.2	Descrição Geral da Área em Estudo.....	30
3.3	Altitude e Declividade.....	35
4.	MATERIAS E MÉTODOS .....	39
4.1	Aplicação de questionários na área de estudo.....	39
4.2	Materias.....	42
4.3	Amostras .....	43
4.4	Métodos de Ensaios .....	45
4.5	Caracterização física .....	45
4.5.1	Ensaio de sedimentação.....	45
4.5.2	Ensaio de granulometria .....	47
4.5.3	Ensaio de limite de liquidez e plasticidade .....	48
4.5.4	Compactação.....	51
4.5.5	CBR.....	53
5.	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	54
5.1	Questionários aplicado .....	54

5.2	Características física e mecânica do solo .....	56
5.3	Sedimentação .....	58
5.4	Limites de liquidez e plasticidade .....	60
5.5	Compactação.....	63
5.6	Índice de suporte Califórnia (CBR).....	65
6.	DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO UTILIZANDO O PROGRAMA MEDINA.....	67
7.	CONCLUSÃO .....	74
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	76
	ANEXOS .....	78

# 1. INTRODUÇÃO

A cidade do Recife, assim como várias outras no Brasil, enfrenta uma série de desafios relacionados à infraestrutura, os quais afetam diretamente a qualidade de vida da população e limitam o seu desenvolvimento econômico e social. Como uma das principais cidades do Nordeste Brasileiro, o Recife se depara com dificuldades em áreas como transporte, mobilidade urbana, saneamento básico e gestão de resíduos sólidos. Esses problemas têm impactos diretos sobre a vida cotidiana dos cidadãos e representam obstáculos para o crescimento sustentável da cidade

Segundo dados do IBGE 2010, a cidade do Recife apresenta uma infraestrutura de pavimentação deficiente em muitos de seus bairros. Ainda, Segundo o IBGE em 2018, apenas 49,2% das vias urbanas da cidade tinham pavimentação adequada, ou seja, com asfalto, concreto ou paralelepípedo. Além disso, a pesquisa também apontou que 28,5% das vias urbanas da cidade não tinham pavimentação alguma, o que pode prejudicar o tráfego de veículos e a mobilidade urbana. Essa situação pode impactar negativamente a qualidade de vida dos moradores e também afetar o desenvolvimento econômico da cidade.

A má pavimentação em bairros urbanos é um problema comum em muitas cidades brasileiras e pode ter impactos significativos na qualidade de vida da população. Além de dificultar a mobilidade de pedestres e veículos, a falta de pavimentação ou a presença de buracos e rachaduras nas vias também podem gerar poeira, ruído e impactos na saúde pública, como a proliferação de doenças respiratórias.

A pavimentação urbana adequada é um aspecto fundamental para garantir o desenvolvimento e o bem-estar nas áreas urbanas. No entanto, muitas regiões enfrentam o desafio da falta de pavimentação adequada em suas ruas, resultando em diversos impactos diretos e indiretos na saúde dos moradores. Um exemplo é o bairro da COHAB, localizado em Recife-PE, onde uma área de 39.078 m<sup>2</sup>, enfrentam a carência desse importante recurso infraestrutural.

A falta de pavimentação nessas ruas geram consequências que vão além da comodidade e da mobilidade urbana. Os impactos se estendem diretamente à saúde da população local, afetando tanto aspectos físicos quanto psicológicos. A poeira, a falta de drenagem adequada e a dificuldade de acesso a serviços de saúde são apenas alguns dos desafios enfrentados pelos moradores, cujos efeitos se refletem nas condições de saúde da comunidade.

É essencial compreender e analisar os impactos diretos e indiretos da falta de pavimentação nessa área de estudo no bairro da COHAB. Através dessa análise, poderemos reconhecer a importância de investimentos em infraestrutura urbana para promover a saúde pública e melhorar a qualidade de vida dos moradores. Este estudo de caso permitirá uma reflexão sobre a relação entre a falta de pavimentação e os impactos na saúde, fornecendo subsídios para a implementação de medidas efetivas que busquem mitigar esses problemas.

Diante desse cenário, é fundamental investigar de forma mais abrangente os efeitos da falta de pavimentação na área de estudo, sobre a saúde dos moradores. Ao compreender esses impactos, podemos buscar soluções que promovam a saúde pública e contribuam para o desenvolvimento sustentável do bairro.

## 1.1 Considerações gerais

A infraestrutura de pavimentação da cidade do Recife baseia-se na importância da infraestrutura urbana para a qualidade de vida e o desenvolvimento econômico da cidade e seus moradores. A infraestrutura de pavimentação é fundamental para a mobilidade urbana, o acesso aos serviços públicos, o transporte de mercadorias e o desenvolvimento econômico. Uma infraestrutura adequada e bem-mantida também pode melhorar a segurança no trânsito e reduzir o risco de acidentes.

Ainda mais, a infraestrutura de pavimentação também pode impactar a saúde pública, uma vez que a poeira e a poluição geradas por vias não pavimentadas podem causar problemas respiratórios, principalmente em crianças e idosos. Esses efeitos, entretanto, estão relacionados à suscetibilidade do agente receptor, sendo principalmente afetada a parcela da população mais frágil, como idosos, crianças e pessoas que já apresentam doenças respiratórias (Who 2006)

”Ao longo do tempo, o ar poluído pode influenciar no perfil de morbimortalidade da população exposta. Assim, a poluição do ar pode afetar diretamente a rotina dos serviços de saúde, na medida em que pode causar aumento da demanda por atendimentos, promovendo a sobrecarga de trabalho e o impacto financeiro no sistema de saúde (consultas médicas, admissões e internações hospitalares, medicamentos, equipamentos hospitalares e outros insumos). Essa situação pode ser observada no dia a dia dos profissionais que atuam nos serviços de saúde e confirmada por meio dos registros de casos e óbitos nos sistemas de informação e das estatísticas produzidas” (Ministério da Saúde, 2021)

A infraestrutura urbana desempenha um papel fundamental na promoção da saúde e bem-estar das comunidades. A pavimentação adequada das ruas é essencial para garantir a acessibilidade, a segurança e a qualidade de vida dos moradores. Compreender os impactos da falta de pavimentação nessas ruas específicas é crucial para identificar as consequências para a saúde pública.

Além do mais, a falta de pavimentação pode complicar uma série de problemas de saúde que afetam diretamente a vida dos moradores. Agravamento de doenças respiratórias pré-existentes, doenças transmitidas por vetores, lesões e acidentes são apenas alguns exemplos dos riscos enfrentados pelos indivíduos que convivem com essa realidade.

Partículas em suspensão na atmosfera, especialmente as finas, estão associadas com problemas de saúde, pois podem penetrar no trato respiratório e se depositar na região pulmonar, podendo causar diversas doenças respiratórias, cardiovasculares, dentre outras (Holgate et al., 1999). Investigar e compreender esses impactos permitirá embasar ações e intervenções que visem melhorar a qualidade de vida e prevenir doenças.

Por fim, a justificativa para esse tema também se baseia na importância de buscar soluções e propor melhorias. Ao compreender os impactos diretos e indiretos na saúde dos moradores, será possível embasar argumentos para a implementação de medidas de infraestrutura que promovam a pavimentação adequada das ruas. Isso resultará em benefícios significativos para a saúde pública, a qualidade de vida e o desenvolvimento sustentável do bairro.

## 1.2 Objetivos geral e específicos

Analisar o impacto de partículas inaláveis da poeira gerada em vias não pavimentadas na saúde da população da comunidade Vila Tancredo Neves, situada no Bairro da COHAB, Recife - PE, e sua importância para o desenvolvimento urbano

Para tanto, o trabalho se concentrará nos seguintes objetivos específicos:

- Realizar um levantamento dos problemas enfrentados pelos moradores devido à falta de pavimentação nas vias locais objeto de estudo.
- Avaliar de forma sucinta a situação de cinco 5 vias locais não pavimentadas na comunidade Vila Tancredo Neves;
- Avaliar as amostras de solo de duas 2 vias locais não pavimentadas da área de estudo;
- Avaliar a viabilidade de pavimentação
- Dimensionamento do pavimento das vias locais utilizando o programa Medina;

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O presente estudo se configura como uma revisão narrativa, conforme definido por Rother (2007), caracterizada por publicações amplas, adequadas para descrever e discutir, tanto do ponto de vista teórico quanto contextual, o desenvolvimento de um determinado tema. Além disso, integra dados obtidos em campo para proporcionar um entendimento mais aprofundado da problemática em questão e fundamentar a solução proposta.

Desse modo, foram selecionadas pesquisas nas quais se constavam dados a respeito dos níveis de emissão, bem como da composição química do Material Particulado (MP), além dos riscos à saúde ocasionados pela exposição ao mesmo. As ferramentas de busca utilizadas foram o portal de periódicos da CAPES, Google acadêmico, PubMed, Scopus, Web of Science, IEEE Xplore e JSTOR onde foram selecionados estudos nas línguas portuguesa e inglesa, com ênfase dada às pesquisas publicadas a partir de 2009 até o ano atual, sendo consultados artigos científicos, estudos e teses. Complementamente, foram observados livros, manuais e orientações técnicas, bem como legislações vigentes, todos em consonância com o tema abordado.

### 2.1 Saneamento básico e saúde pública

Degradação da qualidade ambiental resultante de ações que, direta ou indiretamente, prejudiquem a saúde, segurança e bem-estar da população; criem condições adversas às atividades sociais e econômicas, afetem desfavoravelmente as formas de vida desse ambiente, prejudiquem suas condições estéticas ou sanitárias” (Lei nº 6.938 Brasil, 1981)

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT (BRASIL, 2006), entende-se por poluição ambiental qualquer adição ou lançamento de substâncias ou formas de energia ao meio ambiente, em dimensões que resultem na alteração de sua concentração natural, tornando-as maiores. Dentre os principais meios de ocorrência, podemos destacar a poluição do solo, da água e do ar.

Na legislação brasileira, Resolução CONAMA 03/90, poluente atmosférico é definida como qualquer forma de matéria ou energia com intensidade, concentração, tempo de exposição ou características que possam: tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; inconveniente ao bem-estar público; danoso aos materiais, à fauna e à flora; ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e à qualidade de vida da comunidade

.”A alimentação, a moradia, o saneamento básico, o meio ambiente, o trabalho, a renda, a educação, o transporte e o lazer são fatores que podem determinar o processo saúde-

doença”(Segundo o Plano Nacional de Saúde 2020/2023). A saúde pública no Brasil alcançou resultados bastante positivos desde a criação do Sistema Único de Saúde (SUS), mas ainda enfrenta inúmeras dificuldades que comprometem a qualidade do atendimento à uma parcela da população.

O saneamento básico compreende um conjunto de serviços que tem como objetivo preservar ou melhorar as condições de vida das pessoas e do meio ambiente. Ele previne doenças e promove a saúde, melhorando a qualidade de vida da população e até a produtividade das pessoas, impactando positivamente a educação e as atividades econômicas.

A poluição do ar e mudança do clima como um dos dez principais eixos da agenda global, tendo em vista que a poluição atmosférica é considerada o maior risco ambiental para a saúde humana ( Organização Mundial de Saúde (OMS), 2019).

Em 9 de cada 10 pessoas no mundo respiram ar contendo altos níveis de poluentes e 7 milhões de mortes anuais ocorrem em função da exposição à poluição atmosférica. Dessas, estima-se que 21% sejam por pneumonia, 20% por derrame, 34% por doenças cardíacas isquêmicas, 19% por doença pulmonar obstrutiva crônica e 7% por câncer de pulmão. (Segundo a OMS, 2019)

O SUS é enormemente impactado pelos agravos relacionados à poluição atmosférica. A OMS considera que entre 20 a 30% das internações por doenças respiratórias podem estar relacionadas à poluição atmosférica. No período de 2008 a março de 2019, o valor total gasto com internações no país por doenças do aparelho respiratório ultrapassou R\$13,6 bilhões, dos quais R\$1,27 bilhão apenas em 2018.

A exposição a MP aumenta o risco de infecções de vias áreas superiores e inferiores. A exposição a MP foi responsável por 433 mil óbitos globais por infecções respiratórias em 2017, acometendo principalmente crianças e idosos. Dentre as faixas etárias mais atingidas estão as crianças e os idosos (Silva et al., 2013; Dapper; Spohr; Zanini, 2016; Barbosa et al., 2015).

Ressalta-se que pessoas que já sofrem com doenças do trato respiratório se tornam mais sensíveis com o aumento da concentração de poluentes na atmosfera (Pinhiero *et al.*, 2014; Dapper; Spohr; Zanini, 2016).

Os problemas causados pela poluição atmosférica também refletem nas questões econômicas e sociais, visto que provocam um aumento dos custos dos sistemas de saúde, faltas no trabalho por doenças relacionadas à concentração de poluentes no ar, queda na produtividade agrícola e maior vulnerabilidade da população carente (Dapper; Spohr; Zanini, 2016; Felin, 2018).

Esses dados corroboram para criação de pesquisas para priorização e intervenções de políticas públicas de mitigação da poluição do ar.

## 2.2 Material Particulado e doenças respiratórias

Os danos provocados a saúde oriundos da inalação de material particulado em suspensão em vias não pavimentadas, podem acarretar numa piora a saúde devido a doenças pré-existentes como asma, alergias, rinite entre outras, que tem uma condicionante que é o tempo de exposição a esse material particulado. Ruas não pavimentadas geram poeira e partículas grossas e finas que são facilmente inaladas pelas vias aéreas superiores, levando muitas vezes ao agravamento de problemas respiratórios pré-existentes.

Em geral, as partículas são divididas em conformidade com o tamanho, com base em seu diâmetro aerodinâmico. As partículas com diâmetro aerodinâmico médio entre 2,5  $\mu\text{m}$  e 10  $\mu\text{m}$  são chamadas de partículas inaláveis (MP10), já aquelas com diâmetro inferiores a 2,5  $\mu\text{m}$  são chamadas de partículas finas (MP2,5). Há ainda o material particulado com tamanho inferior a 0,25  $\mu\text{m}$ , que é denominado de partículas quasi-ultrafinas (MP0,25), e o material particulado inferior a 0,10  $\mu\text{m}$ , denominado de partículas ultrafinas (MP0,1) (Minguillo et al., 2008; Freitas; Solci, 2009).

A Resolução CONAMA n.º 491 de 19 novembro de 2018, aborda a qualidade do ar em nível nacional, estabelece padrões para três frações de material particulado: material particulado com diâmetro inferior a 10  $\mu\text{m}$  (MP10), material particulado com diâmetro inferior a 2,5  $\mu\text{m}$  (MP2,5) e partículas totais em suspensão (PTS).

O MP10, também chamado de partículas inaláveis grossas, e o MP2,5, chamado de partículas inaláveis finas, são os que representam maiores riscos à saúde humana, visto que podem atingir as porções mais inferiores do trato respiratório, prejudicando as trocas gasosas (Lisboa, 2014; Drumm et al., 2014; Braga et al., 2001).

O efeito do material particulado na saúde depende da composição química e do tamanho da partícula (Olmo e Pereira, 2011). É importante compreender que a ausência da urbanização como a não pavimentação em vias locais pode afetar não só qualidade do ar e, por consequência a qualidade de vida dos moradores. O MP em suspensão apresentam diâmetros entre 5 $\mu\text{m}$  e 30 $\mu\text{m}$  depositam-se devido a turbulência do ar, no nariz, na boca, na faringe e na traqueia. As partículas de 1 $\mu\text{m}$  e 5 $\mu\text{m}$  depositam-se por sedimentação, na traqueia, nos brônquios e nos bronquíolos pulmonar. As partículas com diâmetro inferior a 1 $\mu\text{m}$  por difusão, nos pequenos brônquios e alvéolos pulmonar.

O nível de penetração do material particulado, e dos demais poluentes atmosféricos, no trato respiratório também está relacionado com a solubilidade das substâncias na água. Quanto mais insolúvel, maior o grau de absorção pelo sistema respiratório (Kunzli, Perez e Rapp, 2010; Ardiles, 2016).

Figura 1 – Resumo dos efeitos na saúde de poluentes atmosféricos

Poluentes	População de risco	Efeitos à saúde
Ozônio	Adultos e crianças saudáveis, atletas e trabalhadores ao ar livre, asmáticos	Decréscimo de função pulmonar, aumento de reatividade das vias aéreas, inflamação pulmonar
Dióxido de nitrogênio	Adultos saudáveis, asmáticos, crianças.	Decréscimo da capacidade para exercício, aumento das hospitalizações
Dióxido de enxofre	Adultos saudáveis, pacientes com doença pulmonar crônica, asmáticos.	Aumento da reatividade das vias aéreas, diminuição da função pulmonar, aumento das infecções respiratórias
Material particulado	Crianças, pacientes com doença pulmonar crônica ou cardiopatia e asmáticos	Alteração da função ciliar de remoção, aumento das infecções respiratórias, decréscimo da função pulmonar, aumento das hospitalizações.

Fonte: OLMO; PEREIRA (2011).

Poeiras suspensas em vias não pavimentadas pode existir uma relação direta com a geração de material particulado (MP) em suspensão e o agravamento em doenças cardiovasculares respiratórias. “A poluição por MP afeta principalmente os sistemas cardiovascular e respiratório, também existindo estudos que associam a efeitos no sistema reprodutor” (Brito; Araújo; Silva, 2018).

“As internações por doenças respiratórias em crianças de até dez anos de idade estão associadas positiva e significativamente à emissão de MP 2,5”. (Segundo César *et al.* 2013),

Na abordagem urbana, vetores como mosquitos transmissores de doenças podem desencadear ameaças à saúde respiratória devido à sua associação com doenças transmitidas pelo ar. Além disso, a presença de poeira proveniente de ruas não pavimentadas e a falta de infraestrutura adequada podem contribuir para a poluição do ar, agravando as condições respiratórias existentes e expondo a população a riscos.

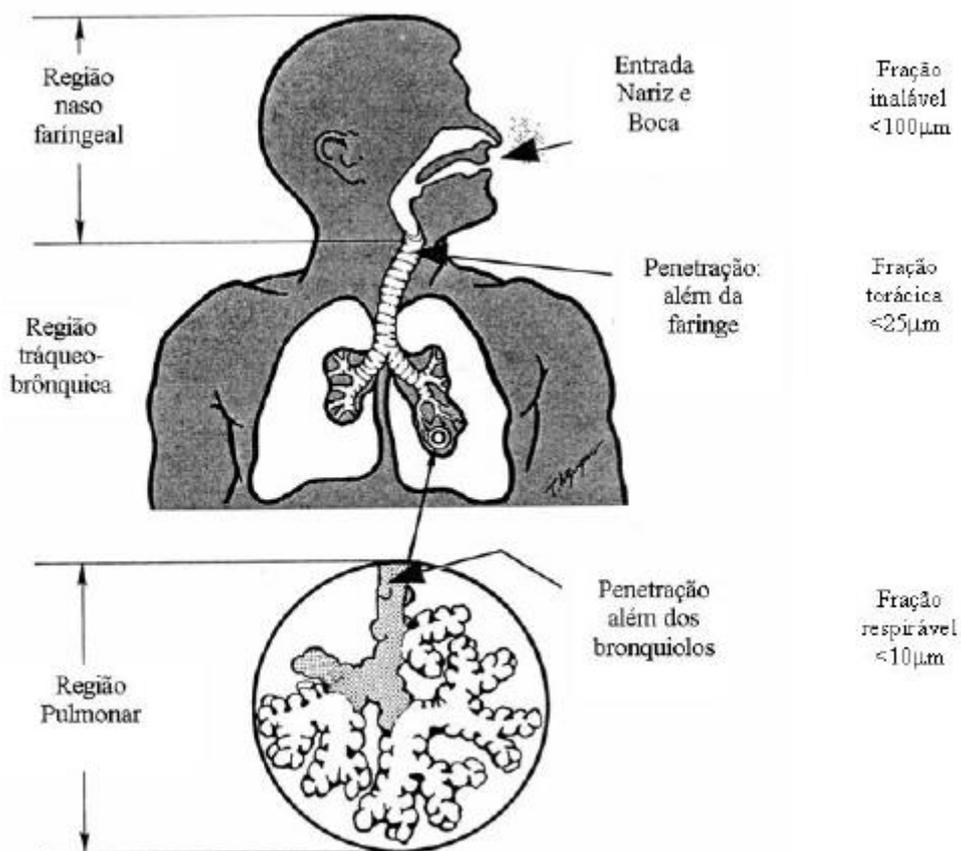
“A queda na concentração de MP10 e MP2,5 decresce em escala logarítmica, diminuindo de valor à medida em que se cresce a distância entre o ponto de medição e a fonte emissora, que nesse caso são as vias locais não pavimentadas” (Segundo Azarmi *et al.* 2016).

Um acréscimo de 10µg/m<sup>3</sup> na concentração de material particulado inalável está associada a um incremento de 4,6% nas internações por asma em crianças 4,3% por doença pulmonar obstrutiva crônica em idosos, bem como 1,0% e 1,5% para, respectivamente, doenças do aparelho circulatório e doenças isquêmicas do coração, também em idosos (Gouveia *et al.*, 2006)

“O tamanho do material particulado está diretamente relacionado com o seu potencial de provocar efeitos adversos à saúde humana” (Souza *et al.*, 2010; Brito; Araújo; Silva, 2018).

Quanto menor o diâmetro da partícula, mais profunda poderá ser sua penetração no sistema respiratório trazendo, como consequência, um maior dano à saúde (Guareiro; Vasconcellos; SolciI, 2011; Brito; Araújo; Silva, 2018), conforme representado na Figura 2.

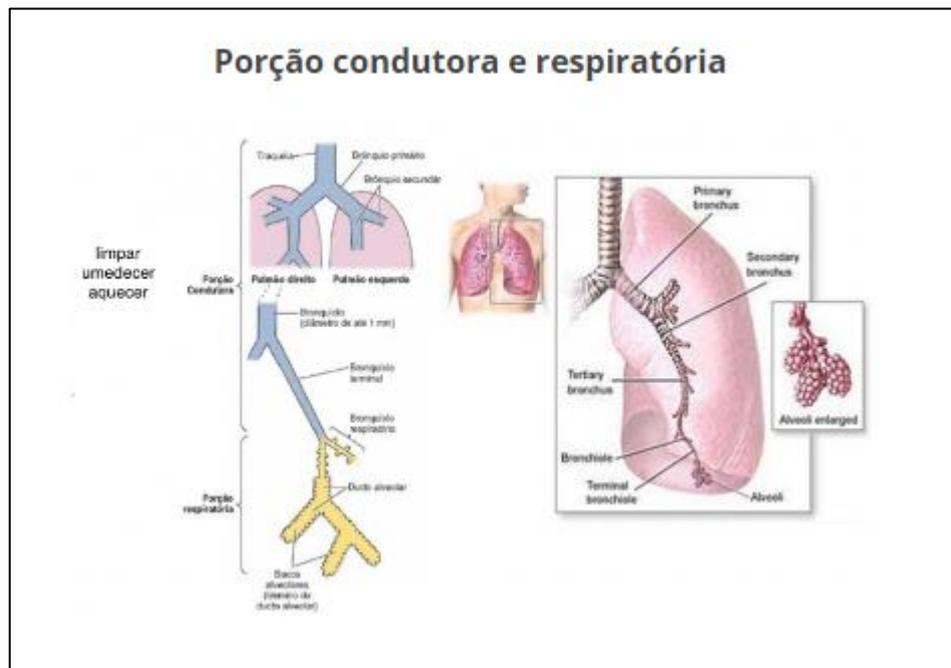
Figura 2 – Principais regiões do trato respiratório



Fonte: Lippmann(1999)

O sistema respiratório consiste nos pulmões e em suas diversas vias aéreas. Essas vias aéreas entram nos pulmões e se dividem, formando a árvore brônquica. O sistema respiratório inclui cavidades nasais (e, durante a respiração forçada, a cavidade oral), faringe, laringe, traqueia, brônquios e bronquíolos, constituindo a porção condutora. Além disso, há a porção respiratória, composta pelos bronquíolos respiratórios, ductos alveolares, sacos alveolares e alvéolos.(Ver Figura 3)

Figura 3 - Porção condutora e respiratória



Fonte: Unifal

Doenças Crônicas Respiratória (DCR) podem afetar tanto as vias aéreas superiores e inferiores podendo agravar doenças preexistentes como asma, rinite alérgicas, doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) são as DCR mais comuns, que representam um dos maiores problema de saúde mundialmente.

Além disso, a inalação do MP e seu tempo de exposição afetam a qualidade de vida das pessoas, podendo provocar incapacidade nas pessoas afetadas causando grande impacto econômico e social. As limitações físicas, emocionais e intelectuais que surgem com as doenças trazem transtornos e sofrimento no paciente e na família.

O tópico ressalta a importância de adotar medidas preventivas para atenuar os impactos negativos da influência do MP gerado em vias locais não pavimentadas, impactando a saúde das pessoas da comunidade Vila Tancredo Neves. Isso engloba desde estratégias de controle até a implementação de abordagens para minimizar a emissão dessa poeira.

Em síntese, a pesquisadora relaciona o impacto na saúde devido a influência do MP em vias não pavimentadas e o agravamento de DCR nas pessoas que moram na localidade com isso, realça a necessidade de entender e abordar esses fatores como parte integrante da promoção de um ambiente urbano saudável e do bem-estar duradouro da população local.

## 2.3 Manual de Pavimentação do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT)

O Manual de Pavimentação do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) é um documento técnico que contém orientações e diretrizes para o projeto, construção e manutenção de pavimentos rodoviários em todo o país. Ele é voltado principalmente para as áreas rurais, onde são construídas rodovias e estradas, mas pode ser aplicado em áreas urbanas.

Em áreas urbanas, o manual pode ser aplicado na construção e manutenção de ruas, avenidas e outras vias de tráfego de veículos e pedestres. Ele pode ajudar a definir o tipo de pavimento mais adequado para cada via específica, considerando fatores como volume de tráfego, clima, tipo de solo, entre outros.

Além disso, o manual também traz informações sobre técnicas de drenagem de águas pluviais, sinalização de trânsito, construção de calçadas e ciclofaixas, entre outros assuntos relacionados à infraestrutura viária urbana.

## 2.4 Parâmetros e Critérios Usuais para um projeto de pavimentação

### 2.4.1 Tráfego

É importante considerar o volume e o tipos de carregamentos que a via irá suportar, como veículos leves, ônibus e caminhões, bem como a frequência de tráfego.

### 2.4.2 Classificação das Vias

As vias urbanas são classificadas em diferentes categorias, como vias arteriais, coletoras e locais, cada uma com características e requisitos específicos de pavimentação.

### 2.4.3 Geometria da Via

A largura da pista, a inclinação transversal, a curvatura e o alinhamento da via são fatores importantes a serem considerados na determinação da espessura e o material utilizado no pavimento.

### 2.4.4 Condições do Subleito

A capacidade de suporte do subleito e a presença de água devem ser avaliadas para determinar a espessura adequada da base e do subleito, além de permitir a adoção de medidas para evitar problemas como a erosão.

### 2.4.5 Materias

Os materiais a serem utilizados no pavimento, como agregados e paralelepípedos, devem ser selecionados de acordo com as condições locais e as características do tráfego.

## 2.5 Classificação do Pavimento

“O pavimento é uma estrutura construída após a terraplanagem através de camadas de vários materiais de diferentes características de resistência e deformabilidade”(Souza,1980). Esta estrutura assim constituída apresenta um elevado grau de complexidade no que se refere ao cálculo das tensões e deformações.

Segundo o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), os pavimentos são classificados em três categorias: flexíveis, semi-rígidos e rígidos.

Flexível: aquele que em todas as camadas sofre deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, por tanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas;

Semi-rígido: caracteriza-se por uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias; e

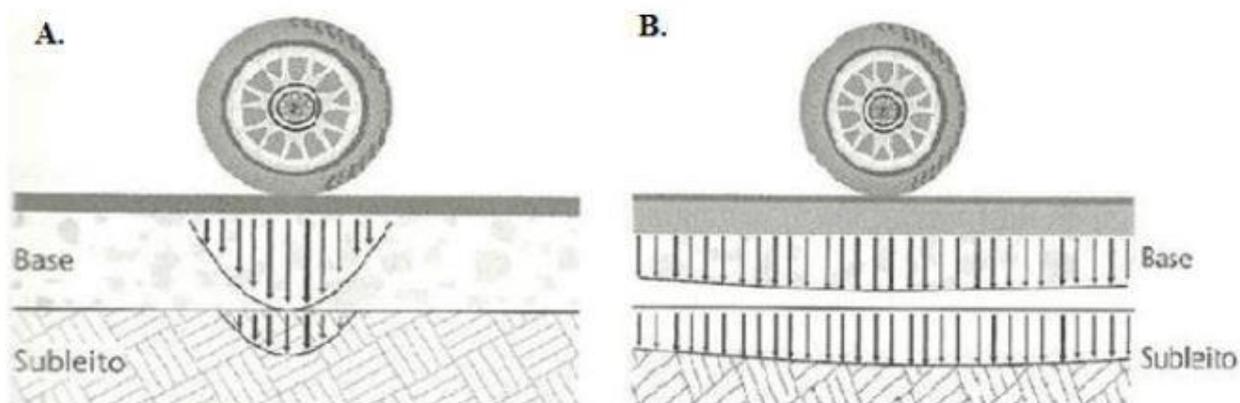
Rígido: aquele em que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado.

A escolha do pavimento é determinante para que a rodovia exerça de forma satisfatória sua função, e não a inibição do desenvolvendo local e a integração socioeconômica, é indescritível que a via ofereça um bom nível de serventia, ou seja, desempenho adequado para seus usuários, fazendo cumprir seus atributos essenciais: conforto, segurança e economia.

“As rodovias apresentem desempenho satisfatório é indispensável que cada um dos sistemas componentes de sua infraestrutura exerça, de forma adequada, as suas respectivas funções” (Manual do DNIT,2010).

Figura 4 – Deformabilidade do pavimento

A. Pavimento Flexível B. Pavimento Rígido

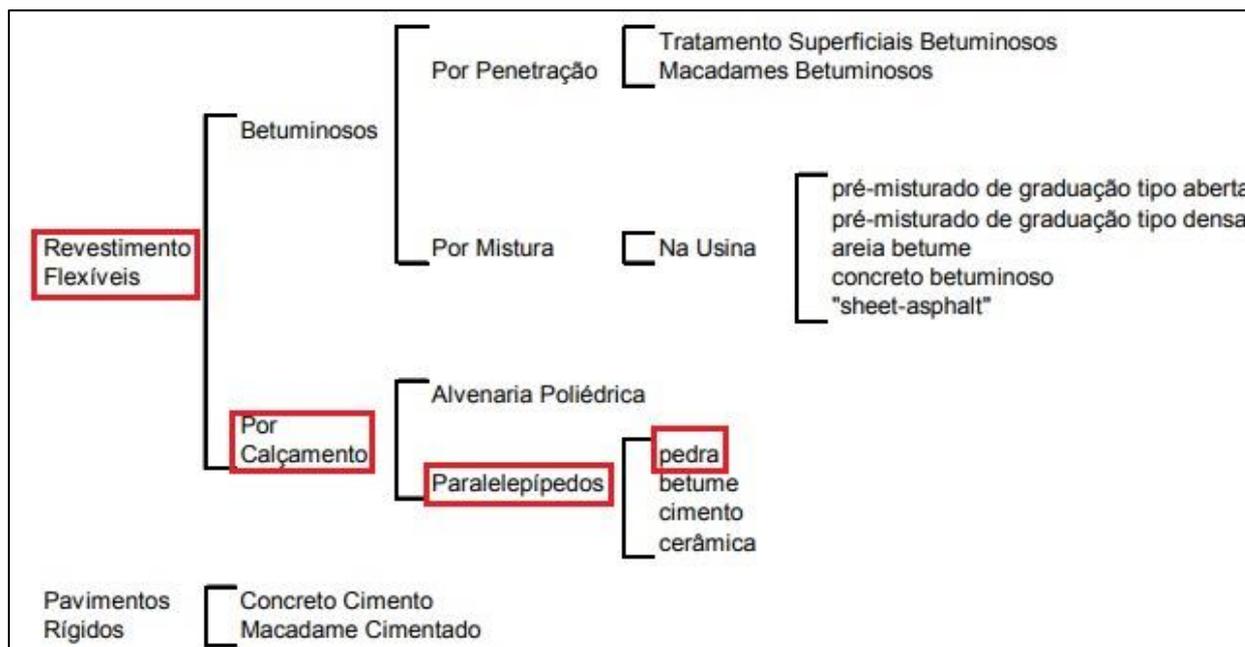


Fonte: Balbo (2007)

## 2.6 Classificação dos Revestimentos

Os revestimentos podem ser classificados de forma distintas, dependendo de critérios como materiais, aplicação, acabamento e propriedades. O bairro em estudo o revestimento sugerido pavimento semiflexível com revestimento em paralelepípedos, levando em conta as características e a relevância histórica das vias locais pavimentadas na comunidade.

Figura 5 – Classificação do revestimento



Fonte: Manual de pavimentação do DNIT (2006)

## 2.7 Pavimentação com paralelepípedos

O pavimento em paralelepípedos em vias urbanas locais, justifica-se pela necessidade de economia de recursos, resistência e baixa manutenção. A resistência destaca-se por essa escolha, permitindo suporta cargas de veículos mais pesados.

Segundo Manual de Pavimentação do DNIT (BRASIL, 2006, p. 100):

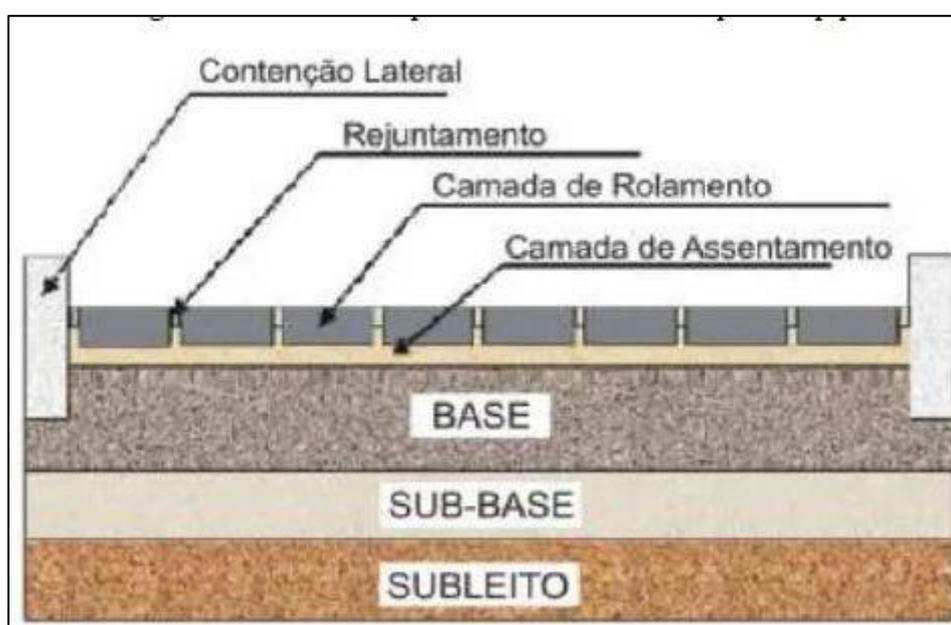
Estes revestimentos são constituídos por blocos regulares, assentes sobre um colchão de regularização constituído de material granular apropriado. As juntas entre os paralelepípedos podem ser tomadas com o próprio material do colchão de regularização, pedrisco, materiais ou misturas betuminosas ou com argamassa de cimento Portland.

A utilização de paralelepípedos como revestimento em ruas não pavimentadas é uma opção tradicional que oferece diversas vantagens, como a durabilidade e o apelo estético que atendem às preferências da comunidade local. Os paralelepípedos são blocos regulares que são cuidadosamente assentados sobre uma base de regularização composta por um material granular

bem definido. Para preencher as juntas entre os blocos, podem ser utilizados diversos materiais, como o próprio material do colchão de regularização, pedrisco, misturas betuminosas ou até mesmo argamassa de cimento Portland.

É importante mencionar que os blocos de paralelepípedos podem ser fabricados a partir de uma variedade de materiais, sendo os mais comuns granito, gnaiss ou basalto. Com essas informações, foi possível realizar cada etapa do estudo nas vias do bairro, demonstrando as soluções e a aplicação prática desse tipo de revestimento para melhorar as condições das ruas não pavimentadas na região.

Figura 6 – Camadas de pavimentação



Fonte: Balbo (2007)

## 2.8 Mobilidade Urbana

A mobilidade urbana em ruas não pavimentadas apresentam desafios adicionais em relação às comunidades urbanas mais desenvolvidas. Muitos moradores dessas áreas enfrentam dificuldades significativas para se locomover, o que impacta negativamente sua qualidade de vida. Aqui estão algumas das questões específicas relacionadas à mobilidade em ruas não pavimentadas

- **Acesso Limitado:** Ruas não pavimentadas podem se tornar intransitáveis durante as chuvas, tornando difícil ou impossível o acesso da população a serviços essenciais, como hospitais, escolas e mercados.
- **Segurança:** As condições precárias das ruas não pavimentadas podem aumentar os riscos de acidentes, especialmente para pedestres e ciclistas.

- **Saúde Pública:** A poeira e a lama resultantes das ruas não pavimentadas podem contribuir para problemas de saúde, como doenças respiratórias e alergias.
- **Aumento de Custos:** Moradores podem gastar mais em manutenção de veículos devido ao desgaste causado pelas condições das ruas.

### **3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

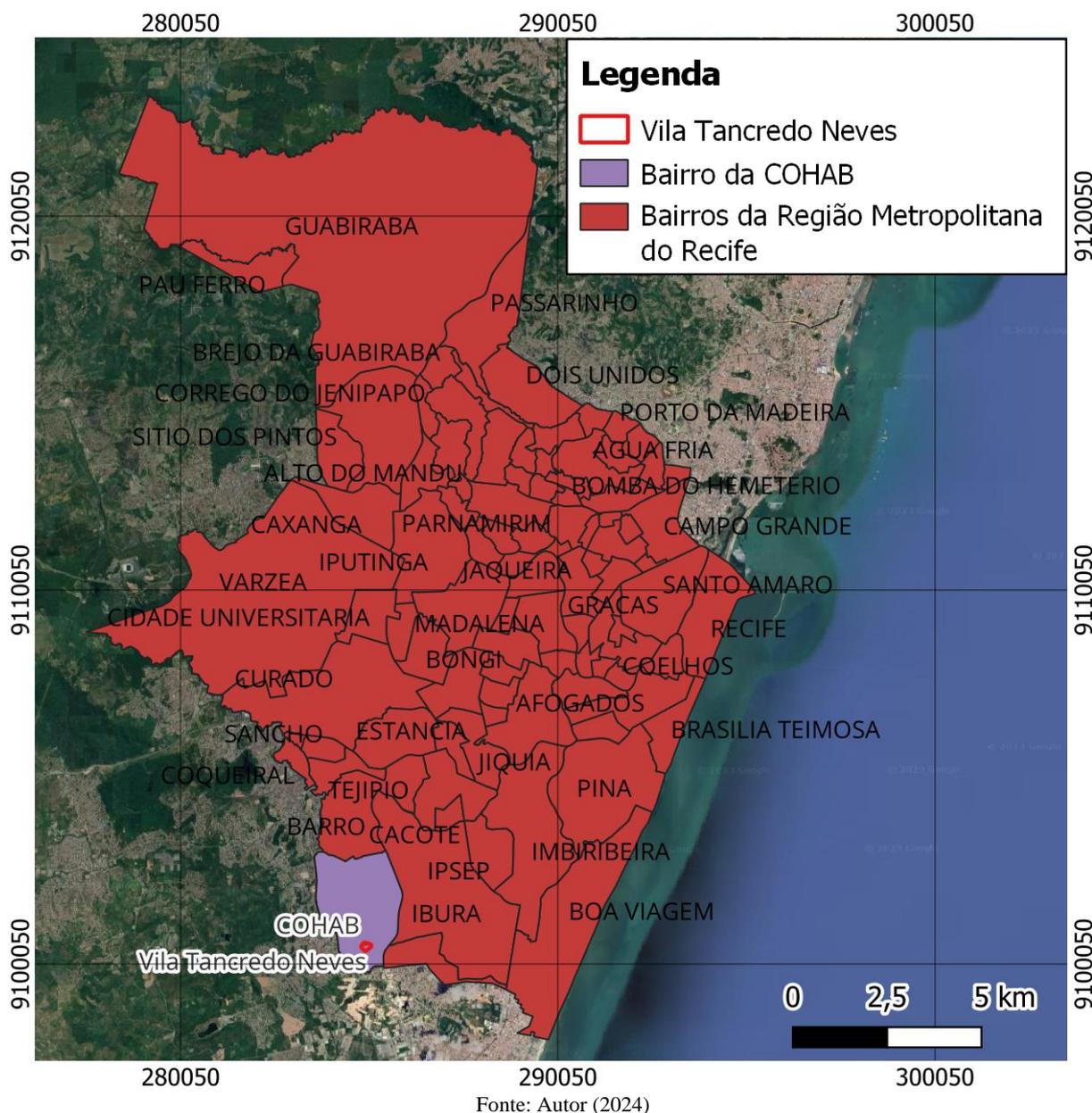
#### **3.1 Localização da Área de Estudo**

A área objeto de estudo está localizada na Mesorregião Metropolitana de Recife e na Microrregião do Recife, no estado de Pernambuco. Recife, com uma população de 1.488.920 habitantes ( IBGE, Censo Demográfico 2022) e uma área municipal de 218,843 km<sup>2</sup>.

As vias locais em estudo estão localizadas na comunidade Villa Tancredo Neves que fica localizada, na COHAB bairro da zona sul do Recife, pertencente a RPA 6, com população de 67.283 habitantes (IBGE, Censo Demográfico 2010) e uma área total de 1.019 hectares. O Bairro COHAB faz limite com o Ibura (ao leste), o Jordão (a sudeste), o Barro, Caçote (ao norte) e ao município de Jaboatão dos Guararapes (ao sul e ao oeste). De acordo com a Figura 7.

O bairro da COHAB é composto pelas seguintes localidades: UR-1, UR-2, UR-3, UR-4, UR-5, UR-10, UR-12, Lagoa Encantada, Vila das Aeromoças, Vila das Crianças, Pantanal, 27 de Novembro, Três Carneiros, Jardim Monte, Vila dos Milagres e Vila Tancredo Neves. ( Wikimand,2020)

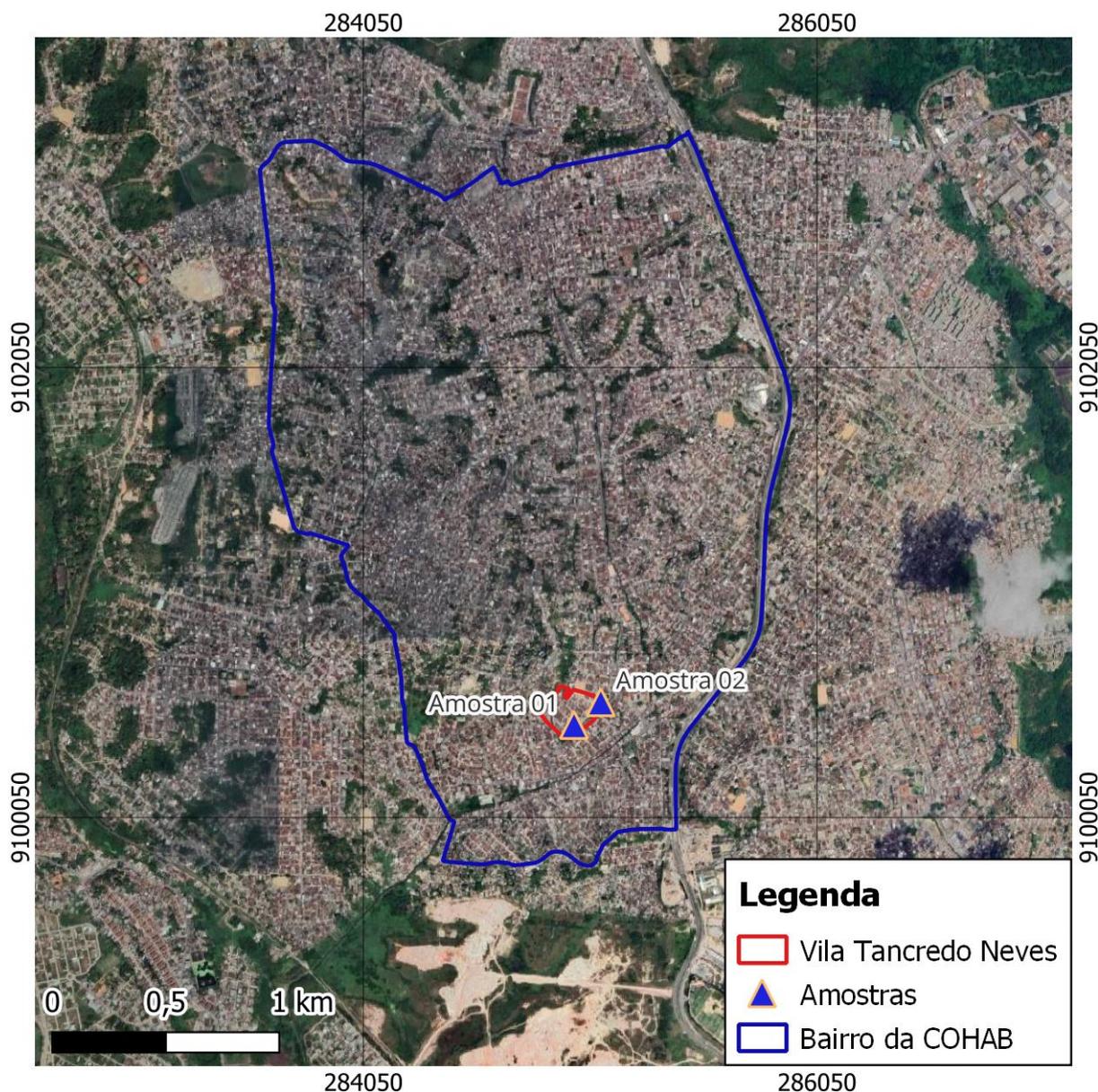
Figura 7 – Localização da área de estudo



A comunidade Vila Tancredo Neves, fica localizado na parte alta do Ibura e grandes partes de suas construções, foram feitas para abrigar famílias desalojadas por conta da cheia de 1966 que atingiu toda cidade. A Vila tancredo Neves não dispõe de alguns recursos básicos, que tornar ainda mais difícu a realização de uma melhor qualidade de vida, devido à ausência de elementos básicos de microdrenagem como pavimentação da vias locais, juntamente com dimensionamento das sarjetas, boca de lobo, poços de visitas (PV) entre outros. A não pavimentação da vias locais causam aos moradores locais impactos negativos mental e no sistema cardio respiratório. Foram coletadas amostras de solo em duas vias locais em estudo, com os maiores valores do Volume Médio Diário (VMD). Essas amostras foram

ao laboratório de solos da UFPE e analisadas. No ensaio de sedimentação foi determinado a curva granulométrica, para auxiliar com a distribuição dos grãos, essas amostras foram coletadas a uma profundidade de 40 centímetros da cota do nível do terreno.

Figura 8 - Bairro da COHAB e localização das amostras



Fonte: Autor (2024)

As amostras foram selecionadas de acordo com Volume Médio Diário (VMD) das vias objeto de estudo. Sendo assim, as ruas Poeta Mauro Mota e Otávio de Lira obtiveram os maiores VMD de 327 veículos e 180 veículos, respectivamente. Ver Figura 9

Figura 9 – Vias locais onde foram coletadas as amostras



Fonte: Autor (2024)

### 3.2 Descrição Geral da Área em Estudo

Neste estudo, investigo-se a relação entre vias locais não pavimentadas e a inalação de poeira pelos moradores, impactando negativamente a saúde respiratória e a qualidade de vida da população local.. O estudo foi dividido em três etapas, a Figura 10 especifica cada passo seguido durante o processo.

Figura 10 – Etapas do estudo de caso

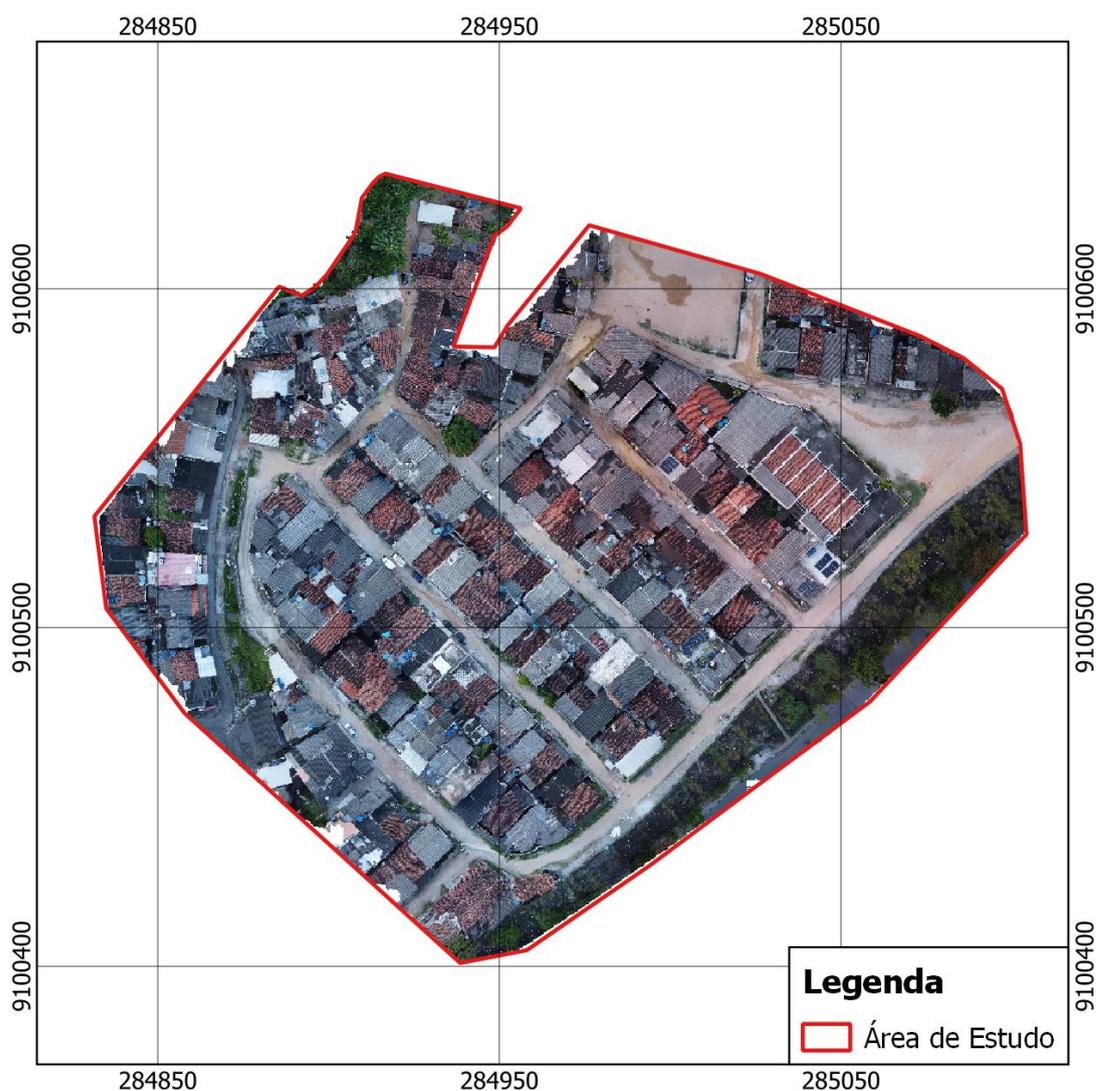


Fonte: Desenvolvido pelo autor (2024)

Na primeira etapa do estudo foi feita a visita ao local para o levantamento e coleta dos dados em campo. O método LVC (Levantamento Visual Contínuo) foi utilizado para a avaliação dos defeitos do pavimento. Essa técnica tem como objetivo analisar a condição da superfície a partir de exame visual e contínuo dos defeitos observados. Vale ressaltar que esse tipo de método é utilizado pelo DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes) nas análises das condições dos pavimentos.

Além disso, foram conduzidos questionários nas residências que faz parte da área de estudo, com o objetivo de coletar informações sobre problemas de saúde que alguns membros das famílias poderiam estar enfrentando. Essa abordagem visa investigar como a falta de pavimentação nas vias locais pode contribuir potencialmente para agravar os problemas de saúde das pessoas.

Figura 11 - Delimitação da área de estudo



Fonte: Autor (2024)

Nessa etapa foi possível realizar medições com o auxílio do programa QGIS e de uma trena métrica visto o objetivo de obter medidas da área de estudo, para definição de larguras, comprimentos, áreas, os defeitos devido a não pavimentação. Além disso, a aplicação de questionários na perspectiva de saber quais os principais problemas de saúde as pessoas da comunidade da Vila Tancredo Neves enfrentam devido ausência das ruas pavimentadas.

Os dados foram anotados em uma caderneta e os questionários foram aplicados com auxílio do aplicativo MOREAPP. Com a ajuda de um aparelho celular foi possível obter os registros fotográficos dos locais com acúmulos de lixo, resultando na produção de chorume que possibilita a contaminação do solo. Com o tempo, esse chorume se espalha pela via, ampliando a área contaminada e tornando essas parcelas de solo mais úmidas, o que aumenta o teor de umidade das partículas.

Com a passagem de veículos nessas parcelas contaminadas do solo, o material particulado em suspensão, partículas finas, poderão ter uma maior penetração no sistema respiratório. O nível de penetração do material particulado está relacionado com a solubilidade das substâncias na água. “Quanto mais insolúvel, maior o grau de absorção pelo sistema respiratório” (Kunzli, Perez e Rapp, 2010; Ardiles, 2016). (Ver Figura 12).

Figura 12 – Resíduos sólidos descartados na via local Rua Poeta Mauro Mota





Fonte:Autor (2024)

Além disso, falta de urbanização pode contribuir para a formação de focos de lixo e resíduos sólidos que, por sua vez, estão relacionados a várias questões de saúde pública. Alguns dos problemas de saúde associados aos acúmulo de focos de lixo incluem:

- **Doenças Transmitidas por Vetores:** Os resíduos sólidos acumulados podem atrair vetores, como moscas, mosquitos e roedores, que podem ser portadores de doenças. Por exemplo, mosquitos podem se reproduzir em água parada em recipientes de lixo e transmitir doenças como dengue, zika e chikungunya.
- **Doenças Gastrointestinais:** A exposição a resíduos sólidos e acúmulo de lixo nas ruas pode aumentar o risco de contaminação por patógenos bacterianos e virais. Isso pode levar a doenças gastrointestinais, como diarreia e gastroenterite.
- **Problemas Respiratórios:** A queima inadequada de resíduos sólidos, como plásticos e materiais orgânicos, pode liberar poluentes no ar, contribuindo para problemas respiratórios em pessoas que vivem nas proximidades.
- **Atração de Animais de Rua:** A presença de lixo nas ruas não pavimentadas pode atrair animais de rua, como cães e gatos, que podem ser portadores de doenças ou representar riscos para a saúde pública.
- **Alergias e Doenças de Pele:** A exposição prolongada a resíduos sólidos e materiais em decomposição pode desencadear alergias, doenças de pele e irritações em pessoas sensíveis.
- **Poluição do Solo e da Água:** O acúmulo de lixo nas ruas não pavimentadas pode resultar em poluição do solo e da água, afetando a qualidade da água potável e a saúde das comunidades locais.

Essa etapa foi uma das mais importantes do estudo, pois possibilitou obter todas as informações necessárias para a análise das problemáticas encontradas e assim realizar uma verificação técnica dos problemas. Portanto, foi realizado um levantamento quantitativo com as respectivas dimensões, comprimento e largura, dos problemas encontrados, definindo os logradouros que se encontram o defeito juntamente com as fotografias tiradas durante o percurso. As ruas analisadas foram: Rua Mucio Catão, Rua Dr. Adriano Vieira, Rua Francisco Gomes Simas, Rua Otávio de Lira, Rua Dr. Pelágio Silveira e um trecho da Rua Poeta Mauro Mota.

Tabela 1 – Vias locais objeto de estudo

Nome da Rua	Largura(m)	Comprimento(m)	Área(m <sup>2</sup> )	Foto
Rua Poeta Mauro Mota	3,4	300	1020	 17 de set. de 2023 10:48:48 25L 285026 9100501 82° E Número do índice: 331
Rua Otávio de Lira	4,2	128	537,6	 17 de set. de 2023 10:35:35 25L 284975 9100468 212° SW Número do índice: 319
Rua Nova República	4,8	100	480	 17 de set. de 2023 10:45:41 25L 284953 9100579 227° N Número do índice: 325
Rua Dr. Adriano Vieira	4	37	148	 17 de set. de 2023 10:38:28 25L 284897 9100542 200° S Número do índice: 321
Rua Dr. Pelágio Silveira	4,2	80	336	 17 de set. de 2023 10:44:52 25L 284938 9100356 115° SE Número do índice: 323

Fonte: Autor (2024)

### 3.3 Altitude e Declividade

O revelo da área objeto de estudo possui altitudes variando de 20,11 a 33,90 metros e verificou-se que área estudada possui declividade variando de 38° a 153°.

Figura 13 – Elevação do terreno

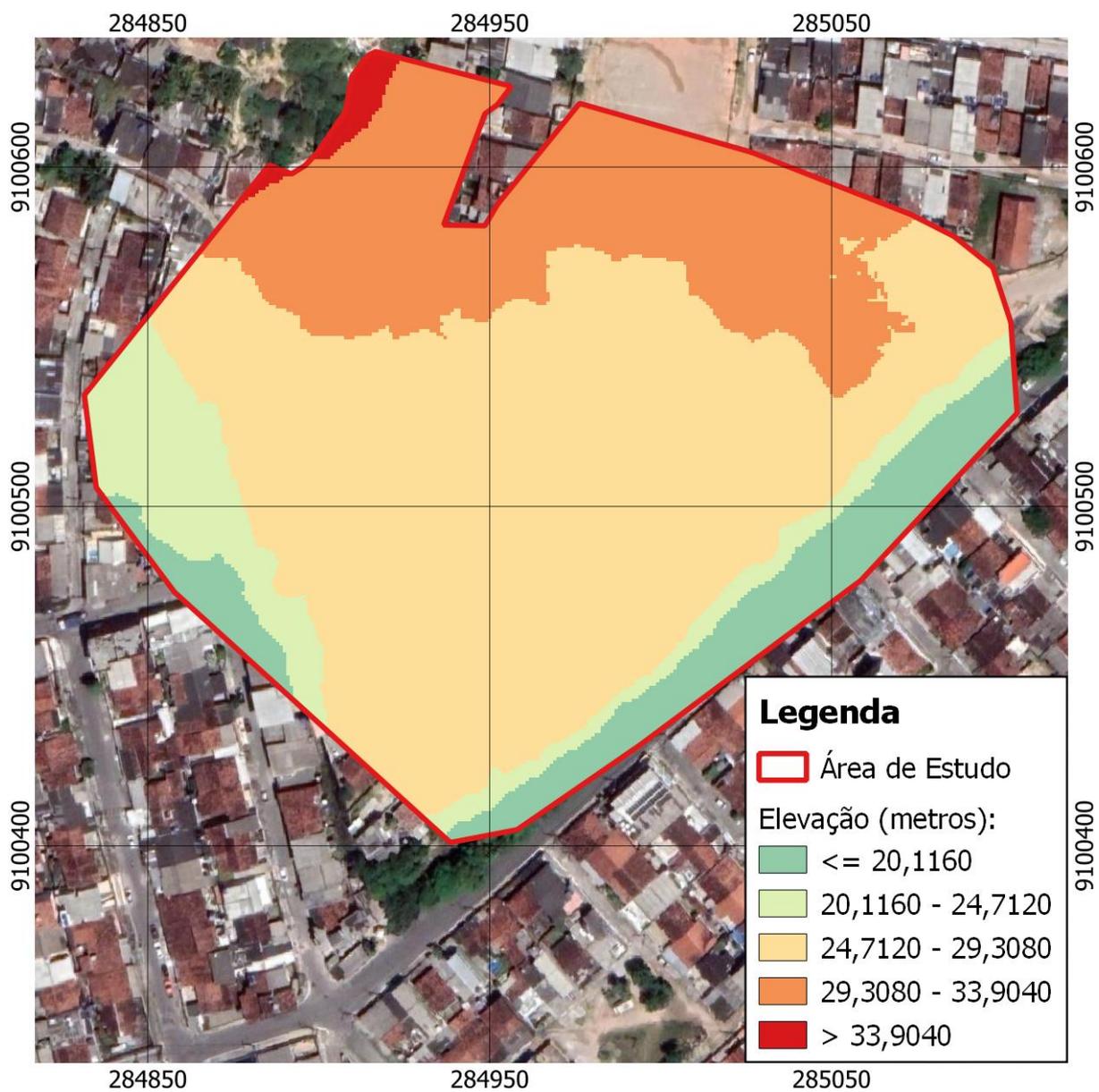
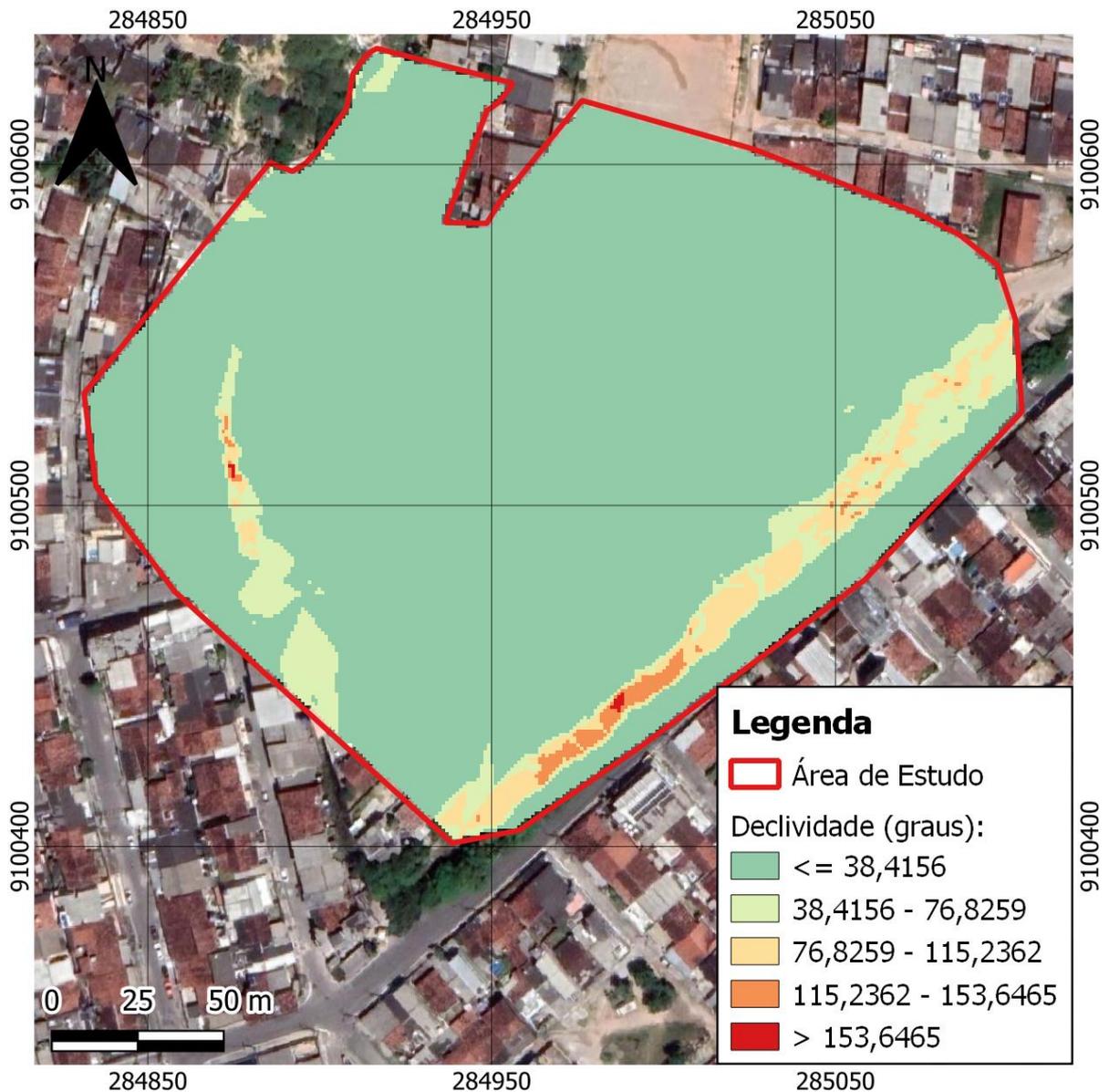


Figura 14 – Declividade do terreno



Fonte: Autor (2024)

Na área de estudo verificou a presença de canaletas da microdrenagem na rua Mucio Catão. As vias locais são favorecida devido a sua topográfica, a declividade (Figura 14), 4 (quartos) vias locais favorecem o escoamento superficial da água para a canaleta de drenagem que fica localizada na Rua Poeta Mauro Mota. Entretanto, o sistema de microdrenagem da da Rua Poeta Mauro Mota necessita de todos os dispositivos de drenagem como sarjetas, boca de lobo, poços de visitas (PV) que respondem de foram satisfatória pela preservação e durabilidade da via. Com isso, a topografia do terreno favorece, mesmo assim é preciso traçar os perfis (Greides) de cada via para uma melhor eficiência do volume de corte e aterro para terraplenagem das vias objeto de estudo.

Figura 15 -Microdrenagem segundo a base de dados ESIG



Fonte:ESIG(2021)

De acordo com os dados da Prefeitura do Recife, disponíveis no Sistema de Informação Geográfica (ESIG), foi identificado que as canaletas de drenagem da Rua Poeta Mauro Mota apresentar um papel crucial na coleta das águas pluviais provenientes das vias locais adjacentes. As Figura 13 e Figura 14 ilustram a hipsometria e a declividade das vias, mostrando que essas características favorecem o escoamento das águas pluviais em direção à canaleta principal, responsável por receber todo o fluxo proveniente das vias estudadas.

Figura 16 - Canaleta de drenagem na Rua Poeta Mario Mota



Fonte:Autor(2024)

## 4. MATERIAS E MÉTODOS

Neste capítulo, vão ser apresentados os dados compilados dos questionários aplicados na área de estudo, e uma análise detalhada das amostras de solo coletadas em campo, juntamente com os métodos empregados nos ensaios físicos, mecânicos e hidráulicos. Essa abordagem visa alcançar o objetivo central deste estudo, que consiste através do método DNER dimensionar as vias locais não pavimentadas da comunidade Villa Tancredo Neves.

### 4.1 Aplicação de questionários na área de estudo

Na visita em 14/10/2023 foram aplicados questionários nas residências na Vila Tancredo Neves. Foram coletados dados sobre quantidade de pessoas que moram na residência, pessoas com doenças pré-existentes, como asma, bronquite, e identificou a presença de crianças e idosos, pessoas mais vulneráveis a essas doenças, e à inalação de partículas suspensas nessas vias não pavimentadas, poderá ocasionar agravamento dessas doenças.

A Figura 17 apresenta o questionário aplicado no dia da visita em campo.

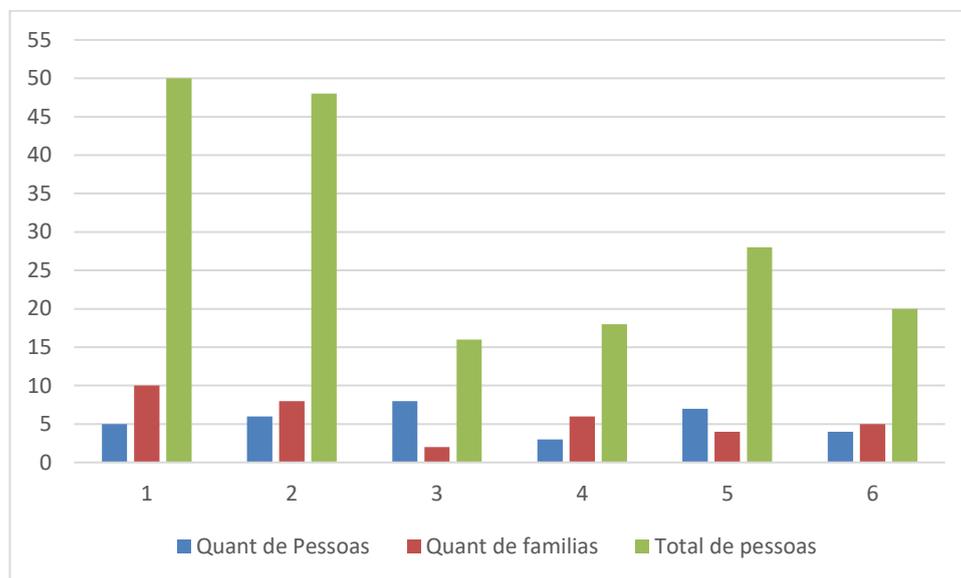
Figura 17 – Questionario aplicado no estudo de caso

Levantamento de dados		Data:
<b>Estudo de caso TCC - Vila Tancredo Neves - UR 5 - Ibura/Cohab</b>		
Nome:		
Idade:		
Endereço:		
Profissão:		
Perguntas	Respostas	
Pessoas da família tem problemas respiratórios ?		
Quantas pessoas tem ou já teve problemas respiratórios ?		
Quantas crianças e idosos moram com você ?		
Você considera que a falta de pavimentação nas ruas afeta sua saúde de alguma forma ?		
Alguém na família tem alguma doença respiratória como asma, bronquite ou alergias, que pode agravar devido a poeira das ruas não pavimentadas?		
Alguém da família já foi contaminado por doenças transmitida por vetores, como dengue, zika ou chikungunya, que possa de alguma forma estar associado à presença de água parada ou condições inadequada das ruas ?		
Você sente algum impacto na saúde mental ou bem estar devido à mal condições das ruas ?		
Você já presenciou situações de emergência que a má condições das vias dificultou o resgate ?		
Você acredita que a falta de pavimentação nas ruas da comunidade influencia na qualidade de vida dos moradores ?		
Com que frequência sua residência é limpa por dia, devido a o excesso de poeira das ruas não pavimentadas ?		
<b>Assinatura:</b>		

Fonte: Autor (2024)

Foram entrevistadas 35 famílias, divididas em 6 grupos com diferentes números de pessoas por residência de 3 até 8 pessoas. Isso totalizou 180 pessoas entre as famílias entrevistadas. Os detalhes estão presentes na Figura 18 abaixo.

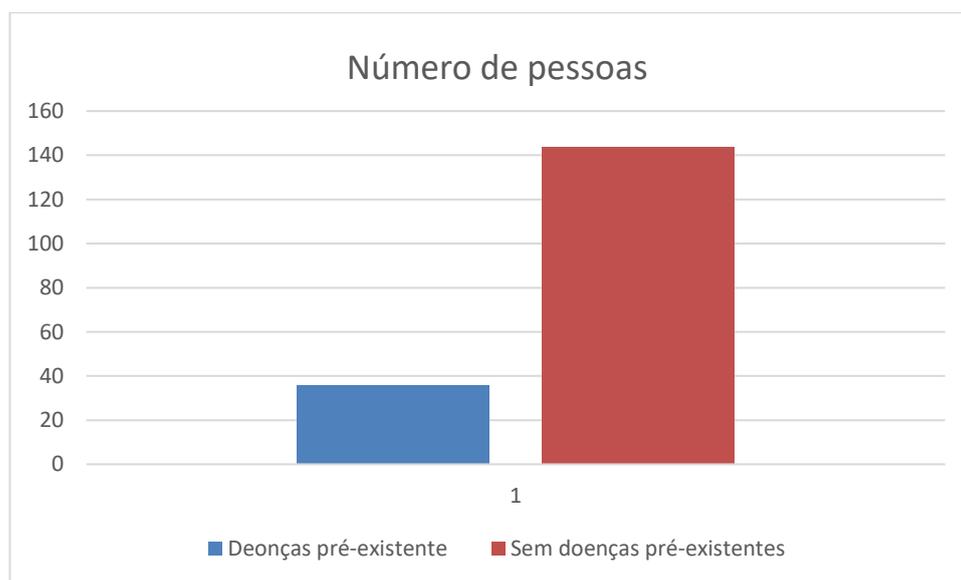
Figura 18 - Dados coletados em campo



Fonte: Autor (2024)

Durante a aplicação dos questionários, registrou o número de pessoas com doenças respiratórias. Devido a maior vulnerabilidade, especialmente de crianças e idosos, esses dados foram levantados durante a pesquisa de campo, conforme mostrado na Figura 19

Figura 19 –Pessoas com doenças pré-existent no aparelho respiratório



Fonte: Autor (2024)

Foram entrevistadas 35 famílias, sendo que 36 pessoas apresentam problemas respiratórios, sendo 22 crianças e 14 idosos. Dessas, 8 crianças têm asma, 2 têm rinite, 4 têm algum tipo de alergia e 6 têm bronquite e 2 doenças pulmonares. Quanto aos idosos, 8 têm

doenças pulmonares, 4 têm alergia e 2 têm bronquite. As distribuições estão detalhadas nas Tabela 2 e Fonte: Autor (2024)

Tabela 3.

Tabela 2 – Famílias levantadas em campo

<b>Identificação</b>	<b>Quant.</b>	<b>Unidades</b>
Famílias entrevistadas	35	Famílias
Total de pessoas	180	Pessoas
Crianças e Idosos com problemas respiratorio	36	Pessoas
Crianças	22	Crianças
Idosos	14	Idosos

Fonte: Autor (2024)

Tabela 3 – Doenças pre-existentes em crianças e idosos

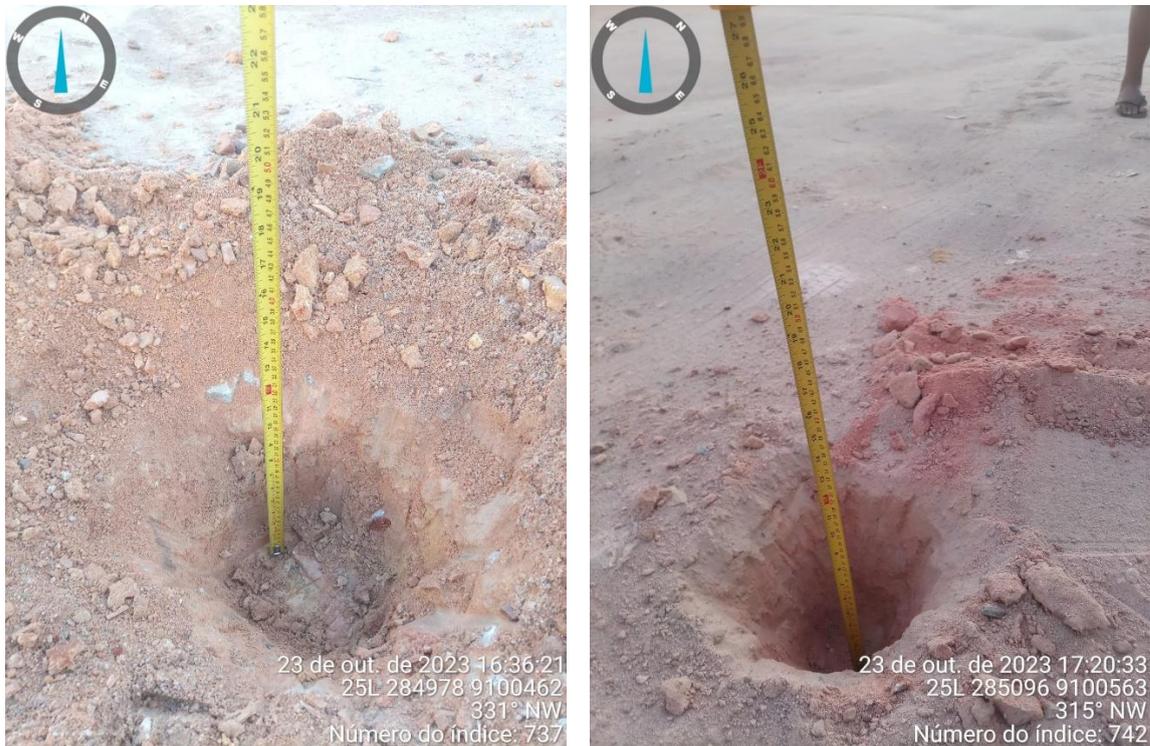
<b>Doenças</b>	<b>Crianças</b>	<b>Idosos</b>
Asma	8	
Bronquite	2	2
Renite	4	
Alergias	6	4
Doenças pulmonares	2	8

Fonte: Autor (2024)

## 4.2 Materias

As amostras de solo utilizado nesta pesquisa foram provenientes de duas das vias locais que são objeto desse estudo com maiores VMD. Foram as Ruas Poeta Mari Mota e Otávio de Lira, localizadas no Bairro da COHAB, Região Metropolitana do Recife/PE. A Figura 20 mostra uma visão das amostras coletadas nas vias locais não pavimentadas.

Figura 20 – Amostras coletadas em campo



Fonte: Autor (2024)

### 4.3 Amostras

As amostras coletadas no dia 23/10/2023 foram submetidas ao processo de destorroamento no Laboratório de Solos da UFPE. Essa etapa teve como objetivo desagregar as partículas menores das partículas maiores presentes no solo. Posteriormente, as amostras foram cuidadosamente separadas em bandejas designadas como amostra 1 (A1) e amostra 2 (A2). (Ver Figura 21)

Figura 21 – A) Amostra 1, B) Amostra 2, C) Amostra 2 destorroada e D) Amostra 1 destorroada



Fonte: Autor (2024)

#### **4.4 Métodos de Ensaios**

As amostras coletadas e preparadas no laboratório de solos da UFPE foram cuidadosamente separadas para a realização de diversos ensaios. Cada mistura foi preparada de forma individualizada. Em seguida, foram conduzidos aos ensaios de sedimentação, granulometria, limite de liquidez, limite de plasticidade, compactação e CBR.

#### **4.5 Caracterização física**

Inicialmente foi utilizada a norma DNER – ME 041/94 Solos- Preparação de amostras para ensaios de caracterização. Os materiais foram repartidos, misturados, normas e as NBRs listadas abaixo foram utilizadas para caracterizar os materiais e as misturas:

- **DNER – ME 051/94 Solos – Análise granulométrica;**
- **DNER – ME 093/94 Solos – Determinação da densidade real;**
- **DNER – ME 122/94 Solos – Determinação do limite de liquidez;**
- **DNER – ME 082/94 Solos – Determinação do limite de plasticidade.**
- **NBR – 6459 - Estabelece o método para determinação do limite de liquidez de solos.**
- **NBR – 7180 - Define o método para determinação do limite de plasticidade de solos.**
- **NBR – 6457 - Estabelece o método para determinação da compactação de solos por ensaio de Proctor.**

##### **4.5.1 Ensaio de sedimentação**

Após a secagem, destorroamento e peneiramento das amostras, selecionou-se o solo que passou pela peneira n°10 para a realização dos ensaios de sedimentação e umidade. Foram separados 70 gramas das amostras A1 e A2 que passaram pela peneira n°10. Essas amostras foram então misturadas com 125 ml de água destilada, e hexametáfosfato, um flocculante utilizado para facilitar o desprendimento das partículas finas no solo. A seguir (Ver Figura 22) estão os registros dessa etapas descritas acima.

Figura 22 – Amostras A1 e A2 ensaio de sedimentação



Fonte Autor (2024)

Após a mistura, as amostras foram colocadas em dois béquers contendo água destilada. Os béquers foram movimentados durante 60 segundos para criar uma suspensão das partículas e permitir a deposição das partículas finas do solo. ( Figura 23).

Figura 23 – Sedimentação das amostras passante na peneira nº10



Fonte : Autor (2024)

#### 4.5.2 Ensaio de granulometria

Ao final do ensaio de sedimentação, é possível extrair a curva granulométrica das amostras. Esse processo ocorre à medida que as partículas em suspensão são deixadas em repouso, permitindo que se depositem. A fração de cada tamanho de partícula que se deposita em intervalos de tempo específicos é então registrada. Esses dados são utilizados para construir a curva granulométrica do solo, conforme discutido posteriormente. A Figura 24 apresenta as planilhas contendo as leituras e os intervalos de tempo desse processo.



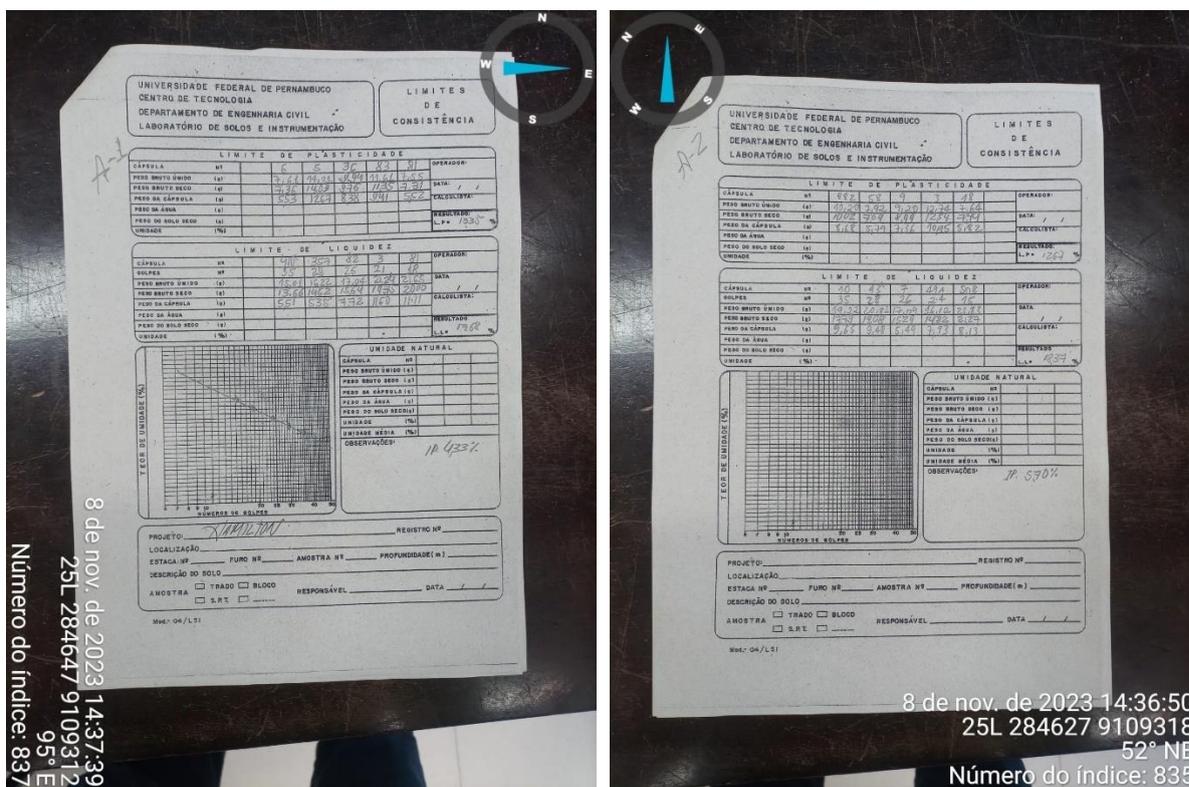
Figura 25 - Aparelho de Casagrande com amostra de solo



Fonte : Autor (2024)

Posteriormente, são coletadas em média 10 gramas da amostra de solo do aparelho e levado a estufa pré aquecida com a temperatura entre 105° a 110° graus Celsius, num intervalo de 24h. Em seguida, as amostras são pesadas numa balança de precisão e coletado o peso seco das amostras e preenchida na planilha (Ver Figura 26)

Figura 26 – Planilhas ensaio do limite de liquez e plasticidade



Fonte : Autor (2024)

São coletadas 10 gramas das amostras preparadas são formadas bolas com auxílio das mãos. A pequena bola formada e rolada sobre a placa de vidro e moldado um cilindro com 3mm de diâmetro rolando-se o solo com a palma da mão sobre uma placa de vidro esmerilhado.

Figura 27 – Ensaio de plasticidade



Fonte : Autor (2024)

Os resultados do Limite de liquidez (LL) e do Limite de Plasticidade (LP) permitem calcular o Índice de Plasticidade (IP), que é obtido pela diferença entre LL e LP. Quanto maior o valor do IP, maior é a plasticidade do solo.

#### 4.5.4 Compactação

O objetivo principal desse ensaio é determinar a relação entre a umidade e a densidade seca máxima do solo. Sendo assim, foram separadas e pesadas na balança digital 3 kg das amostras A1 e A2 passante na peneira de 4,8 mm. Durante o ensaio, são avaliadas diferentes teores de umidade ao solo, para obter a densidade máxima teórica. Logo, as amostras são colocadas no cilindro metálico em três diferentes camadas e em cada camada são aplicadas 26 golpes com o martelo de compactação, aplicando a energia normal.

Figura 28 – Ensaio de compactação



Fonte : Autor (2024)

Esse ensaio visa determinar a curva de compactação, a densidade máxima e a umidade ótima do solo, fornecendo informações essenciais para garantir que o solo seja compactado de forma eficaz, proporcionando uma base sólida e estável para a pavimentação.

#### 4.5.5 CBR

O ensaio CBR é uma prática comumente empregada no projeto de pavimentação para determinar a capacidade do solo em suportar tanto a carga da pavimentação quanto o tráfego. O CBR do solo determina a relação entre a pressão suportada pelo solo em condições padrão e a pressão suportada por um material de referência. A seguir os procedimentos para determina o CBR da amostra A1 (Figura 29).

Figura 29 – Procedimentos para montar o corpo de prova amostra A1





Fonte : Autor (2024)

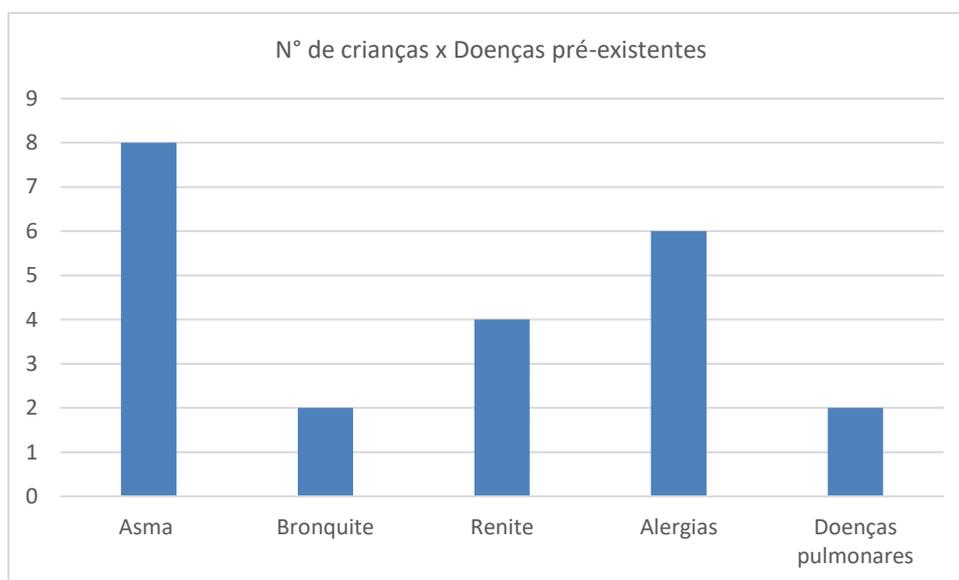
## 5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo, serão apresentados os resultados dos questionários aplicados na área objeto de estudo, assim como os ensaios de caracterização física, mecânica e hidráulica realizados com as amostras de solo coletadas em duas vias locais Rua Poeta Mauro Mota e Rua Otávio de Lira, na comunidade Vila Tancredo Neves.

### 5.1 Questionários aplicado

A Figura 30, apresenta o gráfico de barra que reflete o número de crianças com doenças pré-existente identificadas durante a pesquisa de campo, realizada na Comunidade Vila Tancredo Neves..O gráfico revela que das 22 crianças, 36,36% sofrem de asma, 9,09% de broquite, 18,18% rde renite, 27,27% de alergias e 9,09% de doenças pulmonares.

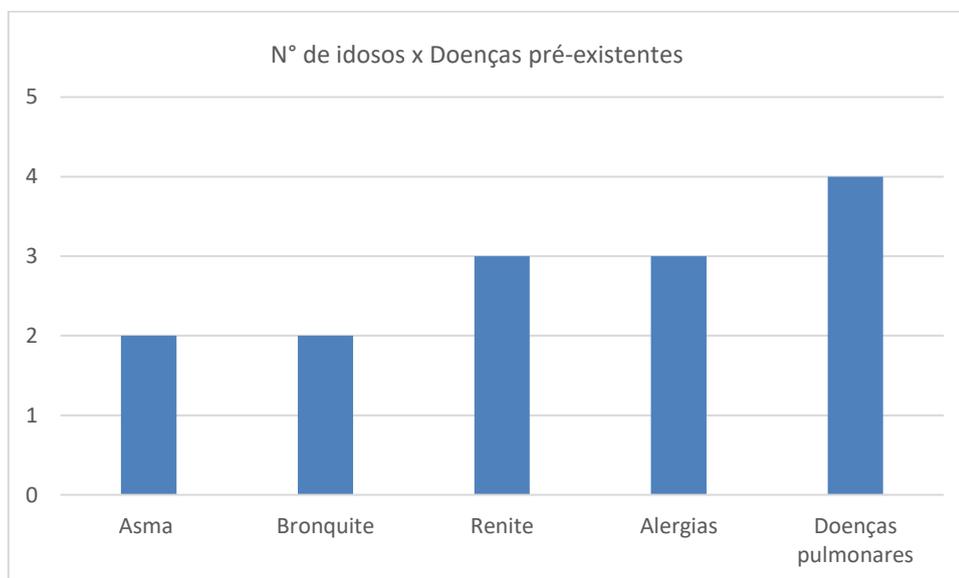
Figura 30 Número de crianças identificadas durante o levantamento de campo com doenças pré-existent



Fonte : Autor (2024)

A Figura 31 apresenta, o gráfico com do número de idosos com doenças pré exigentes levantadas no dia da pesquisa em campo.O gráfico revela que dos 14 Idosos, 14,28% sofrem asma, 14,28% broquite, 21,42% rebite, 21,42% alergias e 28,57% doenças pulmonares

Figura 31 - Número de idosos identificados durante o levantamento de campo com doenças pré-existent.

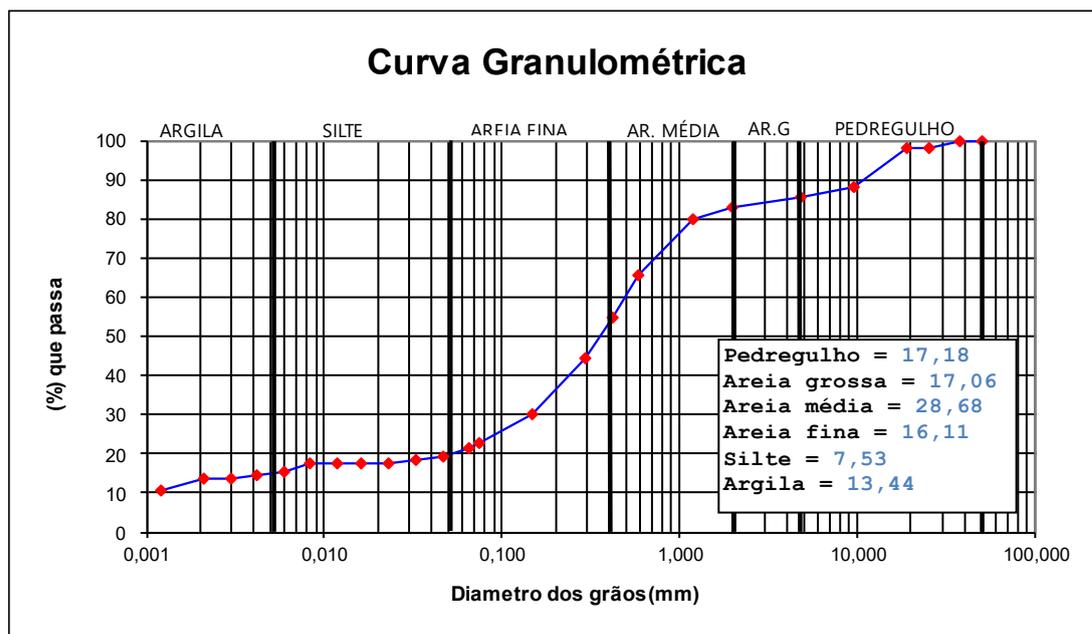


Fonte : Autor (2024)

## 5.2 Características física e mecânica do solo

As Figura 32 e Figura 33 mostram as curvas granulométrica das amostras de solos A1 e A2. Já a Tabela 4 e Tabela 5 representam as porcentagens passantes nas peneiras

Figura 32 – Curva da amostra A1



Fonte : Autor (2024)

Tabela 4 – Peneiramento da amostra A1 solo graúdo e miúdo

***PENEIRAMENTO DO SOLO GRAÚDO***

PENEIRA - POLEGADA	- mm	PESO RETIDO	PESO QUE PASSA	% QUE PASSA DA AMOSTRA TOTAL
2"	50.80	0,00	980,74	100,00
1 1/2"	38.10	0,00	980,74	100,00
1"	25.40	18,44	962,30	98,12
3/4"	19.10	0,00	962,30	98,12
3/8"	9.52	99,32	862,98	87,99
No. 4	4.76	24,06	838,92	85,54
No. 10	2.00	26,62	812,30	82,83

***PENEIRAMENTO DO SOLO MIÚDO***

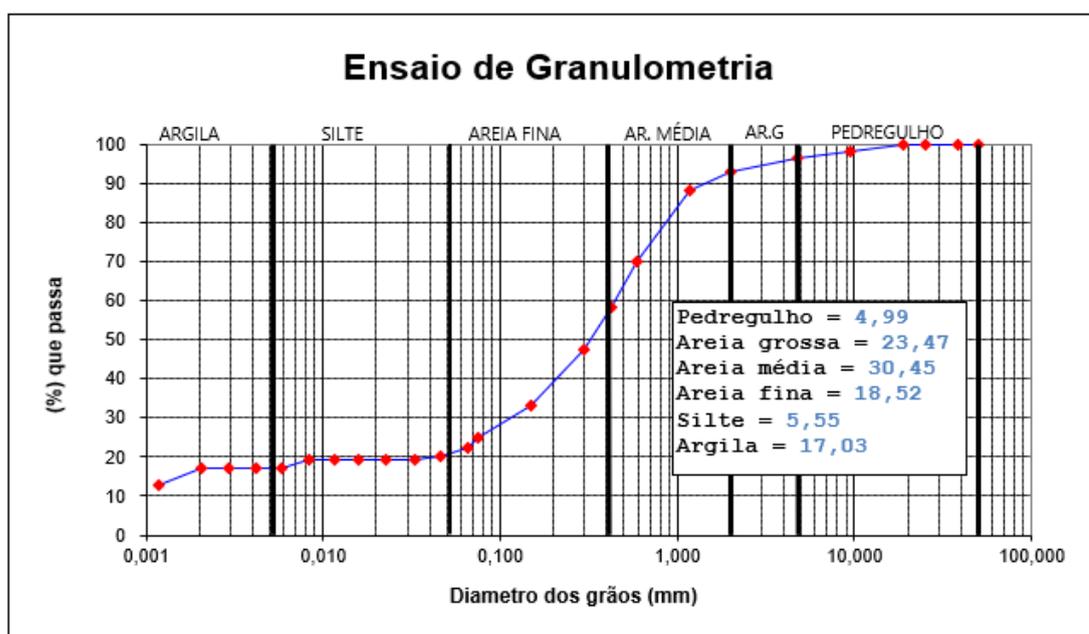
PENEIRA		PESO RETIDO	PESO QUE PASSA	% QUE PASSA DA AMOSTRA TOTAL
POLEGADA	mm			
No. 16	1.190	2,48	66,17	79,83
No. 30	0.590	11,66	54,51	65,77
No. 40	0.420	9,21	45,30	54,65
No. 50	0.297	8,66	36,64	44,21
No. 100	0.149	11,80	24,84	29,97
No. 200	0.075	5,88	18,96	22,88

Fonte : Autor (2024)

A granulometria média, mostrou que o solo A1 é constituído pelas seguintes frações: 17,18% de pedregulho, 61,85% de areia, 7,53% de silte e 13,44% de argila, o que permite caracterizá-lo como um solo areno-argiloso.

Com os resultados obtidos o solo foi classificado como SC – areia argilosa com pedregulho, segundo a SUCS é o A-2-4. De acordo com o manual do DNIT (2006), os solos SC são caracterizados como arenosos com finos argilosos cuja plasticidade pode ser baixa ou alta. Segundo a AASHTO/TRB, solos com essas características possuem um comportamento geral do subleito excelente a bom.

Figura 33 - Curva da amostra 2



Fonte : Autor (2024)

Tabela 5 - Peneiramento da amostra A2 solo graúdo e miúdo

**PENEIRAMENTO DO SOLO GRAÚDO**

PENEIRA - POLEGADA	- mm	PESO RETIDO	PESO QUE PASSA	% QUE PASSA DA AMOSTRA TOTAL
2"	50.80	0,00	994,21	100,00
1 1/2"	38.10	0,00	994,21	100,00
1"	25.40	0,00	994,21	100,00
3/4"	19.10	0,00	994,21	100,00
3/8"	9.52	20,73	973,48	97,91
No. 4	4.76	15,96	957,52	96,31
No. 10	2.00	33,58	923,94	92,93

**PENEIRAMENTO DO SOLO MIUDO**

PENEIRA		PESO RETIDO	PESO QUE PASSA	% QUE PASSA DA AMOSTRA TOTAL
POLEGADA	mm			
No. 16	1.190	3,58	66,01	88,15
No. 30	0.590	13,61	52,40	69,98
No. 40	0.420	8,90	43,50	58,09
No. 50	0.297	8,00	35,50	47,41
No. 100	0.149	10,80	24,70	32,99
No. 200	0.075	6,15	18,55	24,78

Fonte : Autor (2024)

A granulometria média, mostrou que o solo A2 é constituído pelas seguintes frações: 4,99% de pedregulho, 72,44% de areia, 5,55% de silte e 17,03% de argila, o que permite caracterizá-lo como um solo areno-argiloso.

Com os resultados obtidos o solo foi classificado como SC – areia argilosa com pedregulho, segundo a SUCS é o A-2-4. De acordo com o manual do DNIT (2006), os solos SC são caracterizados como arenosos com finos argilosos cuja plasticidade pode ser baixa ou alta. Segundo a AASHTO/TRB, solo com essas características possui um comportamento geral do subleito excelente a bom

### 5.3 Sedimentação

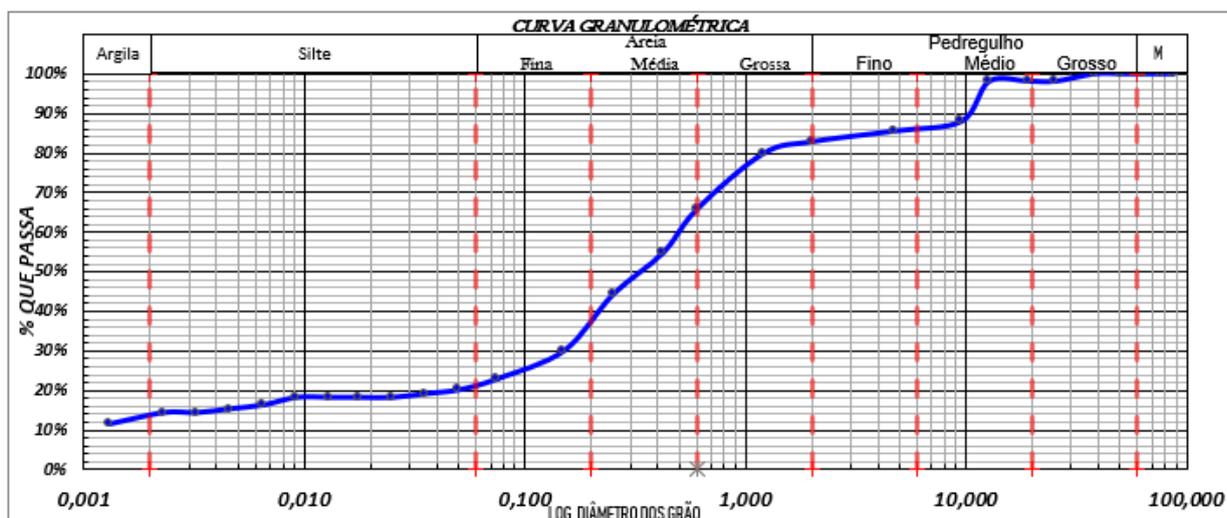
As Tabela 6 e Tabela 7 apresentam as análises das amostras A1 e A2 de um solo classificado como A-2-4, ou seja, um solo arenoso-argiloso com comportamento do subleito classificado como excelente a bom. As curvas abaixo ( Ver Figura 34 e Figura 35) mostram como as diferentes partículas do solo estão distribuídas em termos de tamanho, permitindo identificar a proporção de areia, silte e argila presentes nas amostras.

Tabela 6 – Dados do ensaio de sedimentação da amostra A1

ENSAIO DE SEDIMENTAÇÃO				ENSAIO DE DENSIDADE REAL			
Tempo Decorrido	Leit. (L)	"d" dos Grãos (mm)	%d Am. Total (%)	PICNÔMETRO N°.	6	2	
				TEMPERATURA ( °C)	26	26	
30 seg.	13	0,071	22,0%	PESO DO PICNÔMETRO(g)	41,08	41,08	
1 min.	12	0,050	20,1%	PESO DO PICNÔMETRO + SOLO (g)	51,08	51,08	
2 min.	11,5	0,036	19,1%	PESO PICNÔMETRO.+ÁGUA+SOLO (g)	98,55	98,55	
4 min.	11	0,025	18,1%	PESO PICNÔMETRO+AGUA(g)	92,28	92,28	
8 min.	11	0,018	18,1%	DENSIDADE REAL(g/m³)	2,68	2,68	
15 min.	11	0,013	18,1%	DENSIDADE REAL MEDIA(g/m³)	2,68		
30 min.	11	0,009	18,1%	DENSIDADE A 20 GRAUS(g/m³)	2,68		
1 h	10	0,006	16,2%	PERCENTAGEM DO SOLO			
2 h	9,5	0,005	15,3%	Pedregulho Grosso	1,9%	Areia Media	28,7%
4 h	9	0,003	14,3%	Pedregulho Medio	12,0%	Areia Fina	16,1%
8 h	9	0,002	14,3%	Pedregulho Fino	3,3%	Silte	7,5%
24 h	7,5	0,001	11,4%	Areia Grossa	17,1%	Argila	13,4%

Fonte : Autor (2024)

Figura 34 – Curva granulometrica da amostra A1



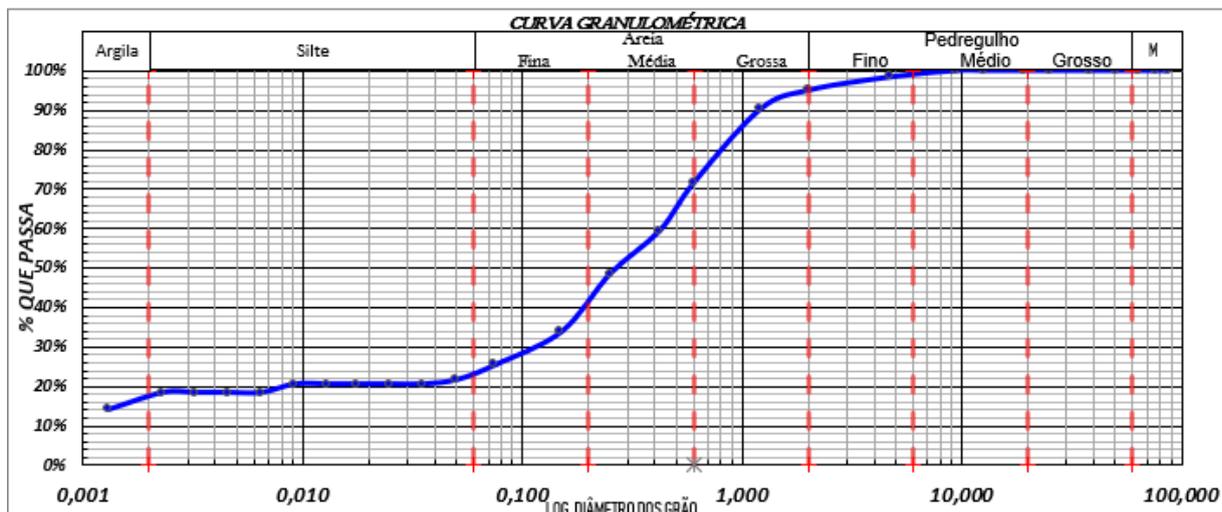
Fonte : Autor (2024)

Tabela 7 - Dados do ensaio de sedimentação da amostra A2

ENSAIO DE SEDIMENTAÇÃO				ENSAIO DE DENSIDADE REAL			
Tempo Decorrido	Leit. (L)	"d" dos Grãos (mm)	%d Am. Total (%)	PICNÔMETRO N°.	6	6	
				TEMPERATURA ( °C)	26	26	
30 seg.	12,5	0,071	23,7%	PESO DO PICNÔMETRO(g)	41,18	41,18	
1 min.	11,5	0,050	21,6%	PESO DO PICNÔMETRO + SOLO (g)	51,18	51,18	
2 min.	11	0,036	20,5%	PESO PICNÔMETRO.+ÁGUA+SOLO (g)	98,57	98,57	
4 min.	11	0,025	20,5%	PESO PICNÔMETRO+AGUA(g)	92,28	92,28	
8 min.	11	0,018	20,5%	DENSIDADE REAL(g/m³)	2,70	2,70	
15 min.	11	0,013	20,5%	DENSIDADE REAL MEDIA(g/m³)	2,70		
30 min.	11	0,009	20,5%	DENSIDADE A 20 GRAUS(g/m³)	2,69		
1 h	10	0,006	18,3%	PERCENTAGEM DO SOLO			
2 h	10	0,005	18,3%	Pedregulho Grosso	0,0%	Areia Media	30,4%
4 h	10	0,003	18,3%	Pedregulho Medio	1,2%	Areia Fina	18,5%
8 h	10	0,002	18,3%	Pedregulho Fino	3,8%	Silte	5,6%
24 h	8	0,001	14,0%	Areia Grossa	23,5%	Argila	17,0%

Fonte : Autor (2024)

Figura 35 - Curva granulometrica da amostra A2



Fonte : Autor (2024)

### 5.4 Limites de liquidez e plasticidade

Com os resultados do ensaio dos Limites de Atterberg da amostra A1 determinou o Índice de Plasticidade (IP). Segundo a classificação de solos (SUCS), amostra A1 com IP de 4,34 é considerado fracamente plástico, por possuir uma porção menor de finos e baixo teor de umidade (ver Tabela 8). Com esses dados da amostra A1, foi obtido o Índice de Consistência (IC) de 0,97 mostrando que a quantidade de argila presente é de característica rija segundo a (SUCS). Apresentando um subleito com uma maior capacidade de suporte.

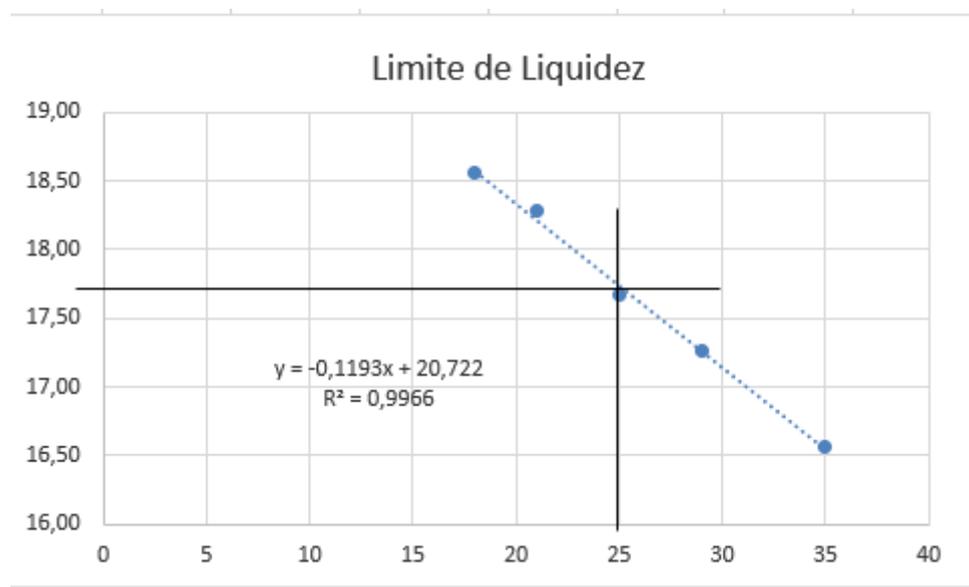
Tabela 8 – Resultados dos limites de Atterberg da amostra A1

LIMITE DE PLASTICIDADE							
CÁPSULA No		6	5	36	83	81	OPERADOR:
PESO BRUTO ÚMIDO (g)		7,61	14,21	9,94	11,61	7,55	Gutemberg
PESO BRUTO SECO (g)		7,36	14,03	9,76	11,35	7,31	DATA:
PESO DA CÁPSULA (g)		5,53	12,67	8,38	9,41	5,52	CALCULISTA:
PESO DA ÁGUA (g)	0,00	0,25	0,18	0,18	0,26	0,24	Hamilton Luiz
PESO DO SOLO SECO (g)	0,00	1,83	1,36	1,38	1,94	1,79	RESULTADO:
UMIDADE (%)	#DIV/0!	13,66	13,24	13,04	13,40	13,41	L.P.(%) = 13,35
LIMITE DE LIQUEZ							
CÁPSULA No		410	357	82	3	81	OPERADOR:
GOLPES No		35	29	25	21	18	Gutemberg
PESO BRUTO ÚMIDO (g)		15,01	16,22	17,04	21,24	21,65	DATA:
PESO BRUTO SECO (g)		13,66	14,62	15,64	19,75	20,00	CALCULISTA:
PESO DA CÁPSULA (g)		5,51	5,35	7,72	11,6	11,11	Hamilton Luiz
PESO DA ÁGUA (g)	0	1,35	1,6	1,4	1,49	1,65	
PESO DO SOLO SECO (g)	0	8,15	9,27	7,92	8,15	8,89	RESULTADO:
UMIDADE (%)	#DIV/0!	16,56	17,26	17,68	18,28	18,56	L.L.(%)= 17,69
						IP % =	4,34

Fonte : Autor (2024)

O gráfico Figura 36 abaixo apresentar o resultado do LL de 17,69 da amostra A1 para 25 golpes, como é recomendado pelo manual do DNIT.

Figura 36 – Gráfico Limite de Liqueidez amostra A1



Fonte : Autor (2024)

Com os resultados do ensaio dos Limites de Atterberg da amostra A2 determinou o Índice de Plasticidade (IP). Segundo a classificação de solos (SUCS), amostra A2 com IP de 5,83 é considerado fracamente plástico, por possuir uma porção menor de finos e baixo teor de umidade (ver Tabela 9) Com esses dados da amostra A2, foi obtido o Índice de Consistência (IC) de 0,86 mostrando que a quantidade de argila presente é de característica rija segundo a (SUCS). Apresentando um subleito com uma maior capacidade de suporte.

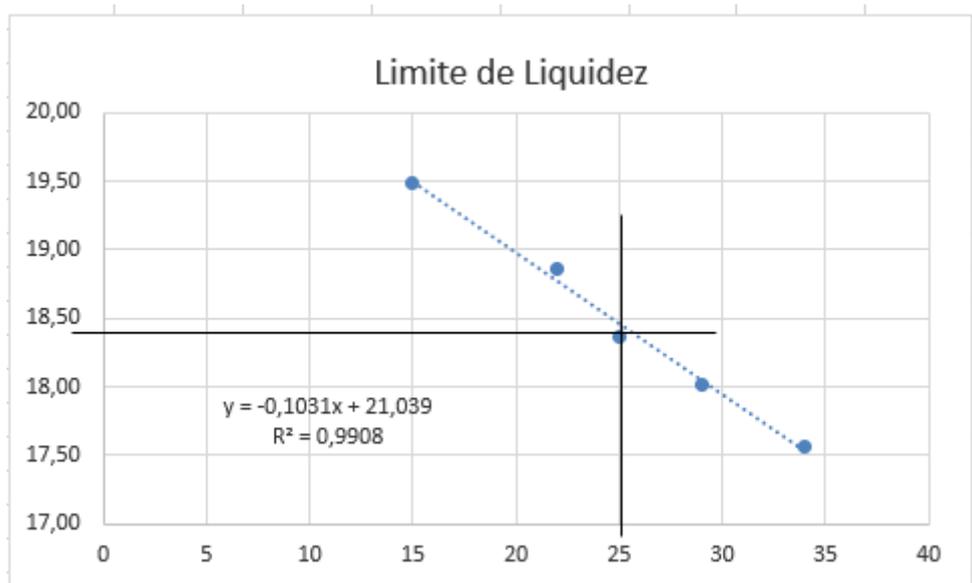
Tabela 9 - Resultados dos limites de Atterberg da amostra A2

LIMITE DE PLASTICIDADE							
CÁPSULA No		882	58	9	3	18	OPERADOR:
PESO BRUTO ÚMIDO (g)		10,2	7,92	9,2	12,74	7,64	Gutemberg
PESO BRUTO SECO (g)		10,02	7,69	8,99	12,54	7,44	DATA:
PESO DA CÁPSULA (g)		8,68	5,79	7,36	10,95	5,82	CALCULISTA:
PESO DA ÁGUA (g)	0,00	0,18	0,23	0,21	0,20	0,20	Hamilton Luiz
PESO DO SOLO SECO (g)	0,00	1,34	1,90	1,63	1,59	1,62	RESULTADO:
UMIDADE (%)	#DIV/0!	13,43	12,11	12,88	12,58	12,35	L.P.(%) = 12,67
LIMITE DE LIQUIDEZ							
CÁPSULA No		10	43	7	49	508	OPERADOR:
GOLPES No		34	29	25	22	15	Gutemberg
PESO BRUTO ÚMIDO (g)		19,22	20,81	17,09	16,12	23,83	DATA:
PESO BRUTO SECO (g)		17,79	19,08	15,29	14,82	21,27	CALCULISTA:
PESO DA CÁPSULA (g)		9,65	9,48	5,49	7,93	8,13	Hamilton Luiz
PESO DA ÁGUA (g)	0	1,43	1,73	1,8	1,3	2,56	
PESO DO SOLO SECO (g)	0	8,14	9,6	9,8	6,89	13,14	RESULTADO:
UMIDADE (%)	#DIV/0!	17,57	18,02	18,37	18,87	19,48	L.L.(%)= 18,50
							IP % = 5,83

Fonte : Autor (2024)

O gráfico Figura 37 abaixo apresentar o resultado do LL de 18,50 da amostra A2 para 25 golpes, como recomendado pelo manual do DNIT.

Figura 37 - Gráfico Limite de Liquedez amostra A2

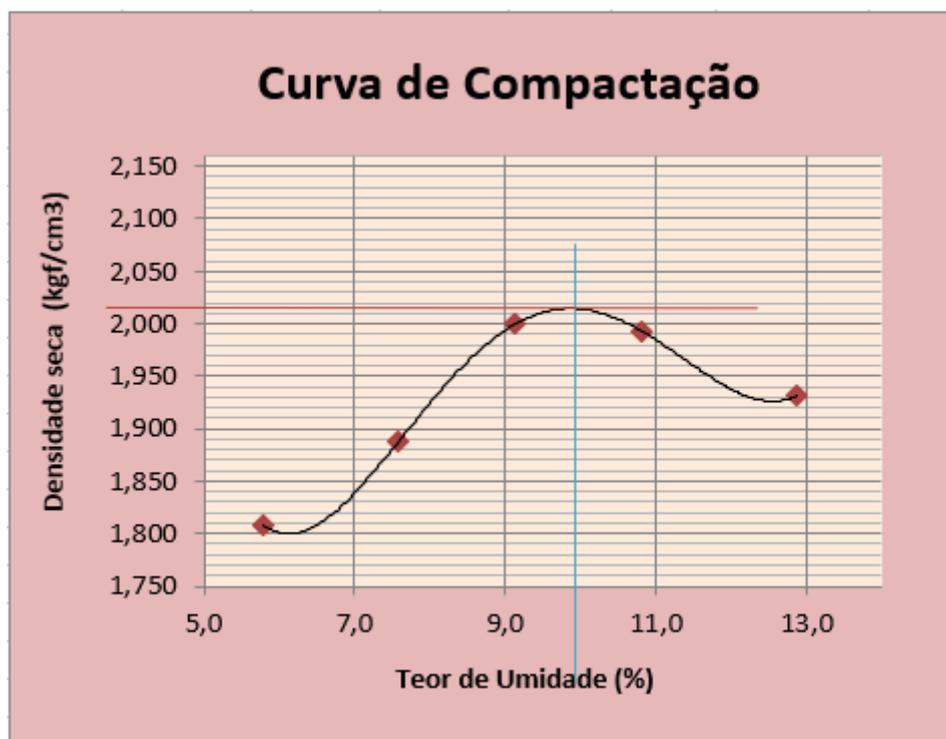


Fonte : Autor (2024)

## 5.5 Compactação

A Figura 38 mostra o comportamento da curva de compactação da amostra A1. A Tabela 10 apresenta os valores de peso específico aparente seco máximo e umidade ótima da amostra A1 e teores de umidade obtidos no ensaio de compactação.

Figura 38 – Curva de Compactação da A1



Fonte : Autor (2024)

Analisando-se os resultados da compactação observou um comportamento variável a medida que o teor de umidade aumenta, fazendo com que a massa específica aparente seca inicialmente cresça e depois decresça com a variação da umidade (Tabela 10). A densidade máxima seca, indica a densidade máxima (DMD) que o solo atinge após ser compactado. O DMD da amostra A1 foi de aproximadamente 2,0 kgf/cm<sup>3</sup> para umidade ótima de 10% segundo a curva de compactação apresentada acima (Figura 38). Vale ressaltar que é importante alcançar a umidade ótima durante o processo de compactação para garantir que o solo atinja sua máxima densidade.

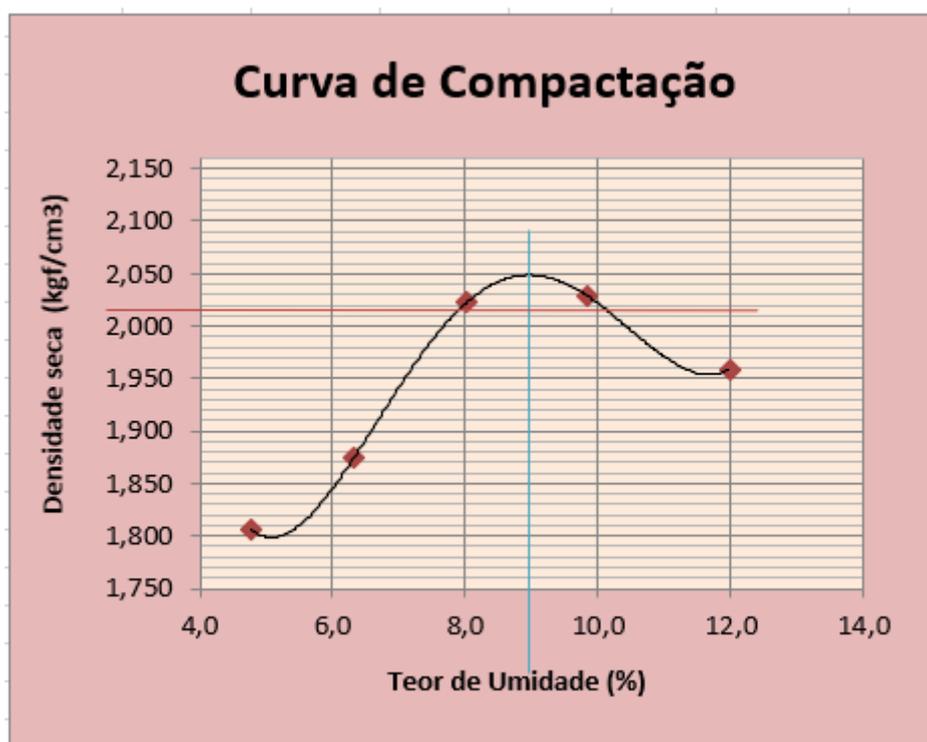
Tabela 10 - Peso específico aparente seco máximo e umidade ótima da amostra A1

Cilindro no.		1	1	1	1	1	1	1	1		
Peso do Cilindro (g)		2296	2296	2296	2296	2296	2296	2296	2296		
Volume do Cilindro (cm <sup>3</sup> )		989,00	989,00	989,00	989,00	989,00	989,00	989,00	989,00		
Peso do Cilindro + Solo úmido (g)		4187,4	4304,6	4454,7	4479,8	4452	4479,8	4452	4452		
Peso do solo úmido (g)		1891,4	2008,6	2158,7	2183,8	2156	2183,8	2156	2156		
Massa Esp. Apar. Úmida (g/cm <sup>3</sup> )		1,912	2,031	2,183	2,208	2,180	2,208	2,180	2,180		
Cápsula no.		W	90	434	4	356	27	46	188	245	60
Peso da cápsula + solo úmido (g)		54,56	68,62	45,51	52,29	51,25	48,36	49,16	50,55	60,38	61,94
Peso da cápsula + solo seco (g)		52,36	66,83	43,28	49,67	48,19	45,64	45,69	46,84	54,78	56,39
Peso da cápsula (g)		14,45	35,9	14,29	14,63	14,54	16,02	13,48	12,71	11,11	13,4
Peso da água (g)		2,2	1,79	2,23	2,62	3,06	2,72	3,47	3,71	5,6	5,55
Peso do solo seco (g)		37,91	30,93	28,99	35,04	33,65	29,62	32,21	34,13	43,67	42,99
Teor de umidade (%)		5,80	5,79	7,69	7,48	9,09	9,18	10,77	10,87	12,82	12,91
Umidade média (%)		5,80		7,58		9,14		10,82		12,87	
Massa Esp. Apar. seca (g/cm <sup>3</sup> )		<b>1,808</b>		<b>1,888</b>		<b>2,000</b>		<b>1,992</b>		<b>1,931</b>	

Fonte : Autor (2024)

A Figura 39 mostra o comportamento da curva de compactação da amostra A2. A Tabela 11 apresenta os valores de peso específico aparente seco máximo e umidade ótima da amostra A2 e teores de umidade obtidos no ensaio de compactação.

Figura 39 – Curva de Compactação da A2



Fonte : Autor (2024)

Tabela 11 - Peso específico aparente seco máximo e umidade ótima da amostra A2

Cilindro no.		1		1		1		1		1	
Peso do Cilindro (g)		2296		2296		2296		2296		2296	
Volume do Cilindro (cm <sup>3</sup> )		989,00		989,00		989,00		989,00		989,00	
Peso do Cilindro + Solo úmido (g)		4167		4267,6		4456,3		4500		4465,7	
Peso do solo úmido (g)		1871		1971,6		2160,3		2204		2169,7	
Massa Esp. Apar. Úmida (g/cm <sup>3</sup> )		1,892		1,994		2,184		2,229		2,194	
Cápsula no.		229	10	61n	3	148	385	HE	317	44	15
Peso da cápsula + solo úmido (g)		53,93	53,31	54,00	61,77	55,32	55,11	77,2	67,61	66,49	73,50
Peso da cápsula + solo seco (g)		52,06	51,75	51,63	59,02	52,46	52,02	72,67	62,9	61,17	67,00
Peso da cápsula (g)		12,28	19,64	14,34	15,35	16,61	13,66	26,64	14,94	16,87	12,62
Peso da água (g)		1,87	1,56	2,37	2,75	2,86	3,09	4,53	4,71	5,32	6,5
Peso do solo seco (g)		39,78	32,11	37,29	43,67	35,85	38,36	46,03	47,96	44,3	54,38
Teor de umidade (%)		4,70	4,86	6,36	6,30	7,98	8,06	9,84	9,82	12,01	11,95
Umidade média (%)		4,78		6,33		8,02		9,83		11,98	
Massa Esp. Apar. seca (g/cm <sup>3</sup> )		<b>1,806</b>		<b>1,875</b>		<b>2,022</b>		<b>2,029</b>		<b>1,959</b>	

Fonte : Autor (2024)

Analisando-se os resultados da compactação observou um comportamento variável a medida que o teor de umidade aumenta, fazendo com que massa específica aparente seca inicial cresça e decresça com a variação da umidade (Tabela 11). A densidade máxima seca, indica a densidade máxima (DMD) que o solo atinge após ser compactado. O DMD da amostra A2 foi de aproximadamente 2,0 kgf/cm<sup>3</sup> para umidade ótima de 9% segundo a curva de compactação apresentada acima (Figura 39).

### 5.6 Índice de suporte Califórnia (CBR)

Os resultados do ensaio de índice Suporte Califórnia da amostra A1, apresentou boa capacidade de suportar as cargas e resistir à deformação para o tráfego nas vias locais objeto de estudo. O valor do CBR é fundamental para determinar o solo como subleito para a pavimentação e determina as espessuras das camadas do pavimento para garantir uma infraestrutura viária segura. Com base no resultado do CBR da amostra A1, foi possível avaliar o solo pela sua capacidade de suporte com CBR de 29,11 e expansão de 0,026% (Ver Tabela 12). Segundo o DER, materiais com CBR >20 e expansão < 1% são considerados matérias para sub-base.

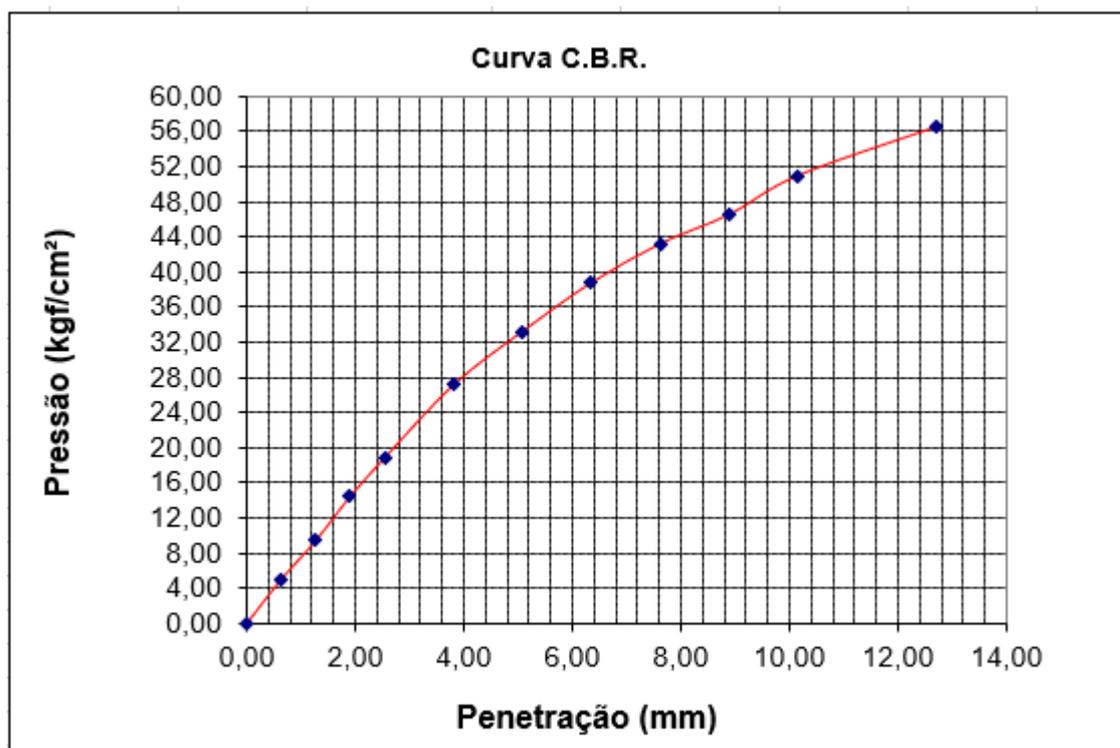
Tabela 12 – Resultados do CRB da amostra A1

Penetração (mm)	Tempo (min)	Leitura (mm)	Carga (kgf)	Pressão (kgf/cm <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)
0	0	0	0	0	<b>Brita</b>	
0,63	0,5	4,5	93,87	4,979840849		
1,27	1	8,5	177,31	9,406366048		
1,9	1,5	13	271,18	14,3862069		
2,54	2	17	354,62	18,8127321	70,31	26,756837
3,81	3	24,5	511,07	27,11246684		29,1185
5,08	4	30	625,8	33,19893899	105,46	31,480124
6,35	5	35	730,1	38,73209549		
7,62	6	39	813,54	43,15862069		
8,89	7	42	876,12	46,47851459		
10,16	8	46	959,56	50,90503979		
12,7	10	51	1063,86	56,43819629		

Fonte : Autor (2024)

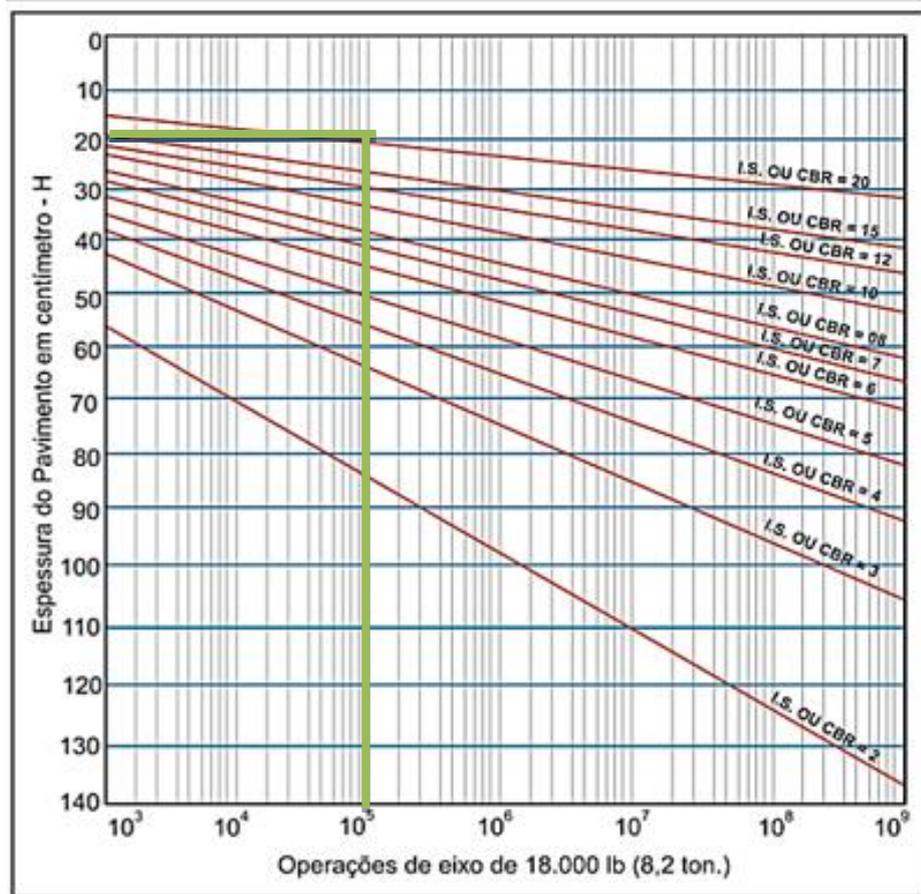
Solos com baixos valores de CBR podem exigir camadas de base mais espessas. Contudo, o CBR da amostra 1 apresentar um solo com boa capacidade suporte para o subleito.

Figura 40 – Curva CBR da amostra A1



Fonte : Autor (2024)

Figura 41 - Ábaco espessura do pavimento dado pelo valor de N e o CBR.



Fonte : Autor (2024)

Com o número de repetições por eixo padrão (N) e o CBR o dimensionamento das camadas é realizado através do ábaco do DER apresentado na Figura 41

## 6. DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO UTILIZANDO O PROGRAMA MEDINA

No Programa Medina foi realizado o dimensionamento para as vias locais objeto de estudo. Utilizando uma estimativa volumetricas de veículos computáveis que trasitam nas ruas em 1 dia de pesquisa. Como isso, obteve-se a média dos tipos de veículos, apresentadas na Tabela 13

Tabela 13 – Volume das classes de veículos nas duas vias

	Rua Poeta Mauro Mota	Rua Otávio de Lira
Tipo	Volume	Volume
Carros	185	170

Motos	130	80
Caminhonetes	10	5
Ônibus 2C	2	6
<b>Total</b>	<b>327</b>	<b>261</b>

Fonte : Autor (2024)

Multiplicando o tráfego médio diário (Vmd) por 365 obtém o volume média anual (V0) na via.

$$V0 = 365 * Vdm$$

$$V0 = 365 * 327 = 119.355 \text{ Veiculos}$$

Em seguida, o Fator de eixo (FE) que é definido pelo produto das porcentagem de cada classe de veículos pelo seu respectivo eixo, a seguir na Tabela 14

Tabela 14 – Fator de eixo (FE)

Tipo	Volume	%Tráfego	Eixos	%Tráfego x Eixos
Carros	185	0,56	2	1,12
Motos	130	0,39	2	0,78
Caminhonetes	10	0,030	2	0,06
Ônibus 2C	2	0,020	2	0,04
<b>Total</b>	<b>327</b>	<b>100</b>	<b>FE</b>	<b>2,00</b>

Fonte : Autor (2024)

O Fator de Carga (FC) que fornece a carga equivalente a 8,2tf, encontrado

$$FC = \frac{p^{4,32}}{7,77}$$

$$FC = \frac{8,2^{4,32}}{7,77} = 1,26199$$

Nas vias transitava apenas veículos de eixo simples de roda simples. Mesmo assim foi utilizado P=8,2tf. Dessa forma, obteve-se o parâmetro “N”.

$$N = FC * FE * V0$$

$$N = 1,2699 * 2,00 * 119355 = 301250,415 = 3,01 \times 10^5$$



Figura 43 – Dados do tráfego

MeDiNa - v.1.1.9.0 - abr/2023

Projeto Editar Análise Ajuda

ESTRUTURA    MODELAGEM    RESULTADOS

RESPONSÁVEL: HAMILTON LUIZ    EMPRESA: Morardireito

PROJETO: Identificação da via, rodovia, trecho, km, estaca, etc    MODO: Pavimento Novo (Nível A)

Alterar Estrutura >>

CAMADA	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	TIPO	ESPESSURA (cm)	MÓDULO (MPa)	COEFICIENTE DE POISSON
1	TRATAMENTO SUPERFICIAL	Tratamento Superficial Triplo	3,0	1500	0,25
>> 2 <<	MATERIAL GRANULAR	Brita Graduada - Gnaise C5	15,0	381	0,35
3	SOLO FINO, SILTOSO OU ARGILOSO	Solo Areno-argiloso LG'(2)	15,0	248	0,45
SL	SUBLEITO	Solo Siltoso NS'	0,0	189	0,45

**EIXO PADRÃO RODOVIÁRIO**

**DADOS DO TRÁFEGO**

Tipo de Via: Sistema Local

VMD (1º ano): 327

FV: 1.057

N anual (1º ano): 1,26e+05

% Veículos na faixa de projeto: 50

N Anual da faixa: 6,31e+04

Taxa de crescimento (%): 0,0

Período de projeto (anos): 10

N Total: 6,31e+05

**FV:**  
Fator de veículo no ano de abertura do tráfego

--- DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO NOVO ---

Seção do pavimento dimensionada considerando os dados inseridos pelo Engenheiro Projetista no programa MeDiNa.

Nível de confiabilidade da análise: 65%

Análise realizada não considerou o dano relativo à fadiga.

Afundamento de Trilha de Roda: 6,5mm

Os resultados obtidos pelo programa devem ser avaliados criteriosamente antes de serem aprovados para a execução de campo.

Fonte : Medina (2023)

A estrutura do pavimento foi definida com três camadas: subleito, base e revestimento. Os materiais simulados em cada camada foram selecionados a partir do banco de dados do Medina. A aplicação dos materiais e seus parâmetros correspondentes podem ser visualizados nas Figura 44, Figura 45 e Figura 46.

Figura 44 – Propriedades do Subleito

Propriedades da Camada 3	
<p><b>BASE DE DADOS</b></p> <p>Projeto</p> <p>Solo Argiloso LG'(1)</p> <p>Solo Areno-argiloso LG'(2)</p> <p>Solo Argiloso LG'(5)</p> <p>Solo Siltoso NS'</p> <p>Solo Fino NA</p> <p>Solo Arenoso Fino LA'</p> <p>Solo Argiloso LG'(4)</p> <p>Solo LG' (s:1521)</p> <p>Solo NA' (s:1492)</p> <p>Solo NG' (s:1494)</p>	<p><b>SOLO FINO. SILTOSO OU ARGILOSO</b></p> <p>Material: Solo Areno-argiloso LG'(2)</p> <p><b>Parâmetros</b></p> <p>Espessura (cm): 15,0</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0,45</p> <p>Contato: Não Aderido</p> <p><b>Módulo (MPa)</b></p> <p>Modelo Constituinte: Resiliente Linear</p> <p>Módulo (MPa): 248</p> <p><b>Características</b></p> <p>Descrição do Material: Areia Argilosa - ES</p> <p>Grupo MCT: LG'</p> <p>MCT - Coeficiente c': 2,05</p> <p>MCT - Índice e': 0,97</p> <p>Massa específica (g/cm³): 1,8</p> <p>Umidade Ótima (%): 18,0</p> <p>Energia Compactação: Normal</p> <p>Norma ou Especificação: DNIT ES 139</p> <p><b>Deformação Permanente</b></p> <p>Modelo: <math>ep = psi1.(s3^{psi2}).(sd^{psi3}).(N^{psi4})</math></p> <p>Coefficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,453</p> <p>Coefficiente de Regressão (k2 ou psi2): -0,186</p> <p>Coefficiente de Regressão (k3 ou psi3): 1,084</p> <p>Coefficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,058</p>

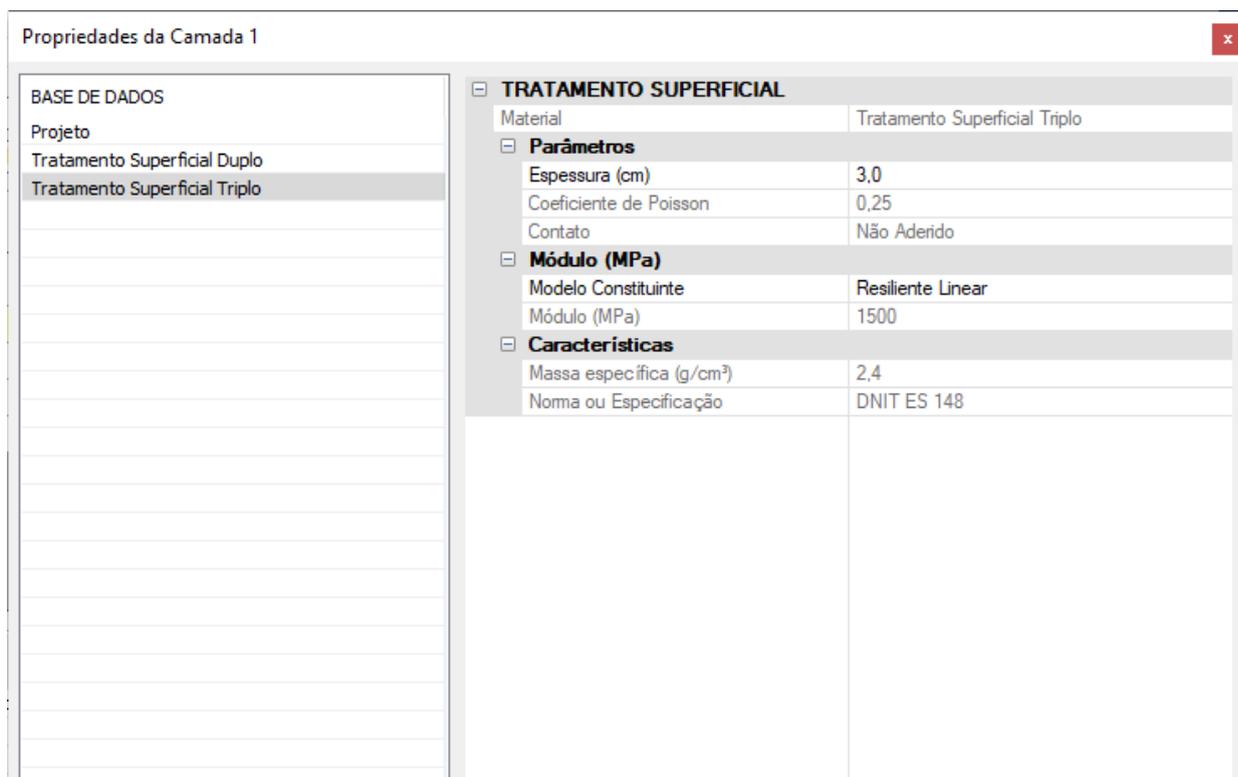
Fonte : Medina (2023)

Figura 45 – Propriedades da Base

Propriedades da Camada 2	
<p><b>BASE DE DADOS</b></p> <p>Projeto</p> <p>Brita Graduada - Gnaisse C1</p> <p>Brita Graduada - Gnaisse C2</p> <p>Brita Graduada - Gnaisse C3</p> <p>Brita Graduada - Gnaisse C4</p> <p>Brita Graduada - Gnaisse C5</p> <p>Brita Graduada - Gnaisse C6</p> <p>Brita Graduada - Gnaisse C7</p> <p>Solo Brita - M3 (LG' s:1521)</p> <p>Solo Brita - M4 (NG' s:1494)</p> <p>Solo Brita - M5 (LG' s:1521)</p>	<p><b>MATERIAL GRANULAR</b></p> <p>Material: Brita Graduada - Gnaisse C5</p> <p><b>Parâmetros</b></p> <p>Espessura (cm): 15,0</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0,35</p> <p>Contato: Não Aderido</p> <p><b>Módulo (MPa)</b></p> <p>Modelo Constituinte: Resiliente Linear</p> <p>Módulo (MPa): 381</p> <p><b>Características</b></p> <p>Descrição do Material: Brita Graduada</p> <p>Massa específica (g/cm³): 2,223</p> <p>Umidade Ótima (%): 5,0</p> <p>Energia Compactação: Modificada</p> <p>Abrassão Los Angeles (%): 43,0</p> <p>Norma ou Especificação: DNIT ES 141</p> <p><b>Deformação Permanente</b></p> <p>Modelo: <math>ep = psi1.(s3^{psi2}).(sd^{psi3}).(N^{psi4})</math></p> <p>Coefficiente de Regressão (k1 ou psi1): 0,0868</p> <p>Coefficiente de Regressão (k2 ou psi2): -0,2801</p> <p>Coefficiente de Regressão (k3 ou psi3): 0,8929</p> <p>Coefficiente de Regressão (k4 ou psi4): 0,0961</p>

Fonte : Medina (2023)

Figura 46 – Propriedades da Faixa de Rolagem



Fonte : Medina (2023)

Com base nos materiais utilizados, foi realizada uma análise estrutural usando o programa MeDiNa, de acordo com os critérios do Tipo de Via apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 – Critérios e confiabilidade de com o tipo da via

TIPO DE VIA	CONFIABILIDADE	ÁREA TRINCADA	DEF. PERMANENTE
<b>Sistema Arterial Principal</b>	95%	30%	10mm
<b>Sistema Arterial Primário</b>	85%	30%	13mm
<b>Sistema Arterial Secundário</b>	75%	30%	20mm
<b>Sistema Coletor Primário</b>	85%	30%	13mm
<b>Sistema Coletor Secundário</b>	75%	30%	20mm
<b>Sistema Local</b>	65%	30%	20mm

Fonte : Franco e Motta (2020)

As espessuras das camadas do pavimento foram dimensionadas e o programa verificou, conforme mostrado na Figura 43, se o número de aplicações das cargas resultaria em trincas excessivas no revestimento e afundamentos na trilha de roda acima do limite pré-estabelecido.

A análise de avaliação estrutural para o Número N Total calculado de  $6,31 \times 10^5$  indicou a porcentagem de área trincada estimada do pavimento no fim do período de projeto (10 anos) de 26,3%, e o afundamento de trilha de roda de 6,5 milímetros. Os resultados atenderam os

critérios do tipo de via Sistema Local, nos quais a área trincada estimada ao fim do período de projeto deve estar abaixo do limite de 30% e o afundamento máximo de trilha de roda, abaixo do limite de 20 milímetros.

## 7. CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo analisar a existência de partículas inaláveis na saúde da população decorrente da exposição às partículas finas em suspensão no solo das vias não pavimentadas na comunidade localizada no Bairro da COHAB, Vila Tancredo Neves, na Cidade do Recife. Os resultados das análises das amostras coletadas em campo revelam uma alta proporção de argila em relação ao silte, nas amostras A1 (13,44% e 7,53%, respectivamente) e A2 (17,03% e 5,55%), respectivamente. No ensaio de sedimentação, observou-se a presença de partículas com tamanho aerodinâmico entre  $6,5\mu\text{m}$  e  $1,2\mu\text{m}$  que tem potencial de penetração no trato respiratório. A exposição prolongada a esse material em suspensão pode ocasionar agravamentos no sistema respiratórios, afetando desde a região nasofaringe até a região pulmonar, representado um risco significativo a saúde da população local.

A partir dos resultados apresentados, fica evidente a necessidade de implementar medidas para mitigar os impactos negativos na saúde causados pela exposição à poeira gerada nessas vias não pavimentadas. O predomínio de doenças respiratórias na comunidade Vila Tancredo Neves, juntamente com a presença de crianças e idosos, grupos mais vulneráveis, demanda ação imediata.

Com base na análise do ensaio CBR da amostra A1, verificou-se que a camada de sub-base da via, a 40 centímetros de profundidade do nível do terreno, apresenta uma boa capacidade de suporte, com um CBR superior a 20% e expansão inferior a 1%. De acordo com os cálculos realizados utilizando o ábaco do DNER, a espessura total estimada para essa camada foi de 22 centímetros. No entanto, ao realizar o dimensionamento por meio do programa MeDiNa, constatou-se que a espessura total do pavimento necessária seria de 31,5 centímetros. Isso ocorreu devido ao programa considerar a menor camada com uma espessura mínima de 15 centímetros. Essa discrepância nos resultados destaca a importância de utilizar metodologias complementares e considerar diferentes critérios ao realizar o dimensionamento de pavimentos, visando garantir a segurança e durabilidade da infraestrutura viária.

Apesar de o método do DER sugerir uma camada de revestimento mais estreita, o que implica em um menor investimento inicial, a análise realizada pelo software MeDiNa demonstra um melhor custo-benefício a longo prazo. Isso se deve ao fato de que o dimensionamento realizado pelo MeDiNa leva em consideração a durabilidade da estrutura e o tempo de uso definido no projeto, garantindo maior segurança e vida útil da pavimentação.

Nesse sentido, a pavimentação das vias locais emerge como uma solução eficaz para reduzir a emissão de poeira, melhorar a qualidade do ar e qualidade de vida das pessoas., bem

como políticas de planejamento urbano que priorizem a pavimentação e outras medidas de controle da poluição do ar.

Para os trabalhos futuros, são sugeridas as investigações que seguem:

- Avaliar a qualidade do ar utilizando modelagem ou programas computacionais;
- Realizar análise financeira comparativa dos pavimentos dimensionados pelos dois métodos;
- Efetuar um levantamento da durabilidade de pavimentos dimensionados pelo método do DNER; e
- Explorar o uso de outros programas computacionais que considerem o desempenho do pavimento ao longo da sua vida útil analisando diferentes variáveis.

## **8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BARROS, A. P. M. E. F. R. D. **Manual de Estudo de Tráfego**. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2006.

CURADO, F. **Avaliação de Sintomas Respiratórios e de índices Espirométricos em Trabalhadores de Pedreiras**. Goiânia. 2010.

DRESCH, F. **Gerência de Pavimentos Urbanos: Utilização de Levantamento Visual Contínuo para Avaliação das Vias Principais Pavimentadas de Santa Rosa/RS**. Ijuí. 2014.

GONTIJO, G. M. **Estudo de tráfego e da viabilidade de dimensionamento de um pavimento ideal para o Campus Morro do Cruzeiro**. Ouro Preto. 2021.

IBGE. <https://cidades.ibge.gov.br/>. **IBGE**, 2022. Disponível em: <[www.cidades.ibge.gov.br/](http://www.cidades.ibge.gov.br/)>. Acesso em: 20/03/2024 Março 2024.

LINS, S. B. S. S. **Pavimentação em Paralelepípedo: estudo de caso das patologias encontradas no bairro Demóstenes Veras localizado na cidade de Caruaru-PE**. Universidade Federal de Pernambuco Centro Acadêmico do Agreste. Caruaru, p. 10-30. 2022.

MEDINA, J. D. **Manual de ajuda Programa Medina**. Rio de Janeiro: Medina, 2015.

NETO, A. A. B. **Pavimentação em Paralelepípedos de Diversas Ruas**. Limoeiro. 2018.

SANTOS, F. D. O. **Environmental Health and Respiratory Diseases in the City of Caldas Novas (GO)**. Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde. Goiás , p. 1-18. 2011. (ISSN).

SANTOS, P. J. D. C. **Análise da Estabilidade Granulométrica de um Solo Areno-Argiloso do Município de São Cristóvão/SE com Escória de Cobre Jateada**. São Cristóvão. 2019.

SAÚDE, M. D. **Doenças Respiratórias Crônicas**. Brasília : Ministério da Saúde, 2010.

SAÚDE, M. D. **Plano Nacional de Saúde 2020-2023**. Brasília: Ministério da Saúde, 2020.

SAÚDE, M. D. **Poluição Atmosférica na Ótica do Sistema único de Saúde Vigilância em Saúde Ambiental e Qualidade do Ar**. Brasília : Ministério da Saúde, 2021.

SAÚDE, S. D. **Plano Municipal de Saúde**. 1. ed. Recife: SEPMAD, v. 1, 2022.

SCHRAIER, J. A. **Análise dos Efeitos das Partículas Inaláveis (MP10 e MP2,5) na Saúde da População de Curitiba/PR**. Curitiba. 2022.

SOUZA, B. S. Estudo e Abordagem da Origem e Desenvolvimento das Patologias em Pavimento. **Estudo e Abordagem da Origem e Desenvolvimento das Patologias em Pavimento.**, 20 fevereiro 2016. 1 a 9.

UBIRATAN DE PAULA SANTOS, M. A. A. Poluição do ar ambiental: efeitos respiratórios. **Poluição do ar ambiental: efeitos respiratórios**, 06 Dezembro 2020. 1-13.

# ANEXOS



1  
A1  
G8

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
LABORATÓRIO DE SOLOS E INSTRUMENTAÇÃO

ANÁLISE  
GRANULOMETRICA

UMIDADE	
CÁPSULA Nº	24 248
PESO BRUTO ÚMIDO	6609 5404
PESO BRUTO SECO	6509 5321
PESO DA CÁPSULA	1348 11,11
PESO DA ÁGUA	100
PESO DO SOLO SECO	54,11
UMIDADE (%)	4,96
UMIDADE MÉDIA (%)	
	AM. TOTAL AM. PARCIAL
CÁPSULA	10 73E
PESO DO SOLO ÚMIDO	1000 70
PESO DO PEDREGULHO	
PESO DO SOLO MIÚDO ÚMIDO	
PESO DO SOLO MIÚDO SECO	
PESO DA AMOSTRA SECA	

PESO ESPECÍFICO DOS GRÃOS (γ <sub>s</sub> )		
PICNOMETRO Nº	26 26	
TEMPERATURA (°C)	41,8 41,8	
PESO DO PICNOMETRO	5118 5118	
PESO DO PICNOMETRO + SOLO	5118 5118	
PESO DO PICNOMETRO + ÁGUA + SOLO	5155 5155	
PESO DO PICNOMETRO + ÁGUA	5178 5178	
DENSIDADE REAL		
DENSIDADE MÉDIA (g/cm <sup>3</sup> )		

PENEIRAMENTO DO SOLO GRAÚDO			
POLEG.	m.m.	PESO RETIDO	PESO QUE PASSA
2"	50,80	-	
1 1/2"	38,10	-	
1"	25,40	1844	
3/4"	19,10	-	
3/8"	9,52	99,32	
Nº 4	4,75	2406	
Nº 10	2,00	2662	

UMIDADE DA SEDIMENTAÇÃO	
CÁPSULA Nº	
PESO BRUTO ÚMIDO	
PESO BRUTO SECO	
PESO DA CÁPSULA	
PESO DA ÁGUA	
PESO DO SOLO SECO	
UMIDADE (%)	
UMIDADE MÉDIA (%)	
AMOSTRA	
PESO DO SOLO ÚMIDO	
PESO DO SOLO SECO	
C. DO FATOR $K = \frac{W}{P_s (W - 1)}$	

PENEIRAMENTO DO SOLO MIÚDO				
POLEG.	m.m.	PESO RETIDO	PESO QUE PASSA	% QUE PASSA DA AMOSTRA
Nº 16	1,180	248		
Nº 30	0,600	1166		
Nº 40	0,420	0,21		
Nº 50	0,297	866		
Nº 100	0,149	11,80		
Nº 200	0,075	588		

SEDIMENTAÇÃO (DENSÍMETRO Nº)				PROVETA Nº 3						
DATA	HORA	TEMPO DECORRIDO	LEITURA (L)	TEMPERATURA (°C)	CORREÇÃO DO MENISCO/TEMPERATURA	LEITURA CORRIGIDA (L.C.)	ALTURA DE QUEDA (h.cm)	LEITURA CORRIGIDA FINAL (L.C.)	Ø DOS GRAUS (m.m.)	% < Ø DA AMOSTRA TOTAL (G)
	9:01	30 seg.	13	26						
		1 min	12	26						
		2 min	11,5	26						
	9:05	4 min	11,0	26						
	9:09	6 min	11,0	26						
	9:16	15 min	11,0	26						
	9:31	30 min	11	26						
	10:30	1 h	10	26						
	11:30	2 h	9,5	26						
	13:01	4 h	9,0	26						
	17:01	6 h	9,0	26						
	19:01	25 h	7,5	26						

PROJETO \_\_\_\_\_ REGISTRO Nº \_\_\_\_\_

LOCALIZAÇÃO \_\_\_\_\_

ESTACA Nº \_\_\_\_\_ FURO Nº \_\_\_\_\_ AMOSTRA Nº \_\_\_\_\_ PROFUNDIDADE (m) \_\_\_\_\_

DESCRIÇÃO DO SOLO \_\_\_\_\_

AMOSTRA  TRADO (d= )  BLOCO  S.P.T.

R. S. ON \_\_\_\_\_ DATA \_\_\_\_\_

Mod-02/LS!

8 de nov. de 2023 14:37:21  
25L 284647 9109312  
43° NE  
Número do índice: 836

A2  
133

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
LABORATÓRIO DE SOLOS E INSTRUMENTAÇÃO

ANÁLISE  
GRANULOMETRICA

UMIDADE	
CÁPSULA Nº	434 664
PESO BRUTO ÚMIDO	6564 6881
PESO BRUTO SECO	6537 6855
PESO DA CÁPSULA	1432 2021
PESO DO SOLO ÚMIDO	
PESO DO SOLO SECO	
UMIDADE (%)	
UMIDADE MÉDIA (%)	
	AM. TOTAL AM. PARCIAL
CÁPSULA	81 82
PESO DO SOLO ÚMIDO	1000 70
PESO DO PEDREGULHO	
PESO DO SOLO MIÚDO ÚMIDO	
PESO DO SOLO MIÚDO SECO	
PESO DA AMOSTRA SECA	

PESO ESPECÍFICO DOS GRÃOS (γ <sub>g</sub> )	
PICNOMETRO Nº	8 6
TEMPERATURA (°C)	26 26
PESO DO PICNOMETRO	4118 4118
PESO DO PICNOMETRO + SOLO	5118 5118
PESO DO PICNOMETRO + ÁGUA + SOLO	5857 5857
PESO DO PICNOMETRO + ÁGUA	5228 5228
DENSIDADE REAL	
DENSIDADE MÉDIA (g/m <sup>3</sup> )	

UMIDADE DA SEDIMENTAÇÃO	
CÁPSULA Nº	
PESO BRUTO ÚMIDO	
PESO BRUTO SECO	
PESO DA CÁPSULA	
PESO DA ÁGUA	
PESO DO SOLO SECO	
UMIDADE (%)	
UMIDADE MÉDIA (%)	

PENEIRAMENTO DO SOLO GRAUĐO				
POLEG.	m.m.	PESO RETIDO	PESO QUE PASSA	% QUE PASSA DA AMOSTRA TOTAL
2"	50,80	-		
1 1/2"	38,10	-		
1"	25,40	-		
3/4"	19,10	-		
3/8"	9,52	2073		
Nº 4	4,76	15,96		
Nº 10	2,00	33,58		

A MOSTRA	
PESO DO SOLO ÚMIDO	
PESO DO SOLO SECO	
C. DO FATOR $K = \frac{H \cdot \gamma_g}{P_s (\gamma_g - 1)}$ ; $K = \dots$ ; $\gamma = K \cdot L \cdot \gamma_g$	

PENEIRAMENTO DO SOLO MIÚDO				
POLEG.	m.m.	PESO RETIDO	PESO QUE PASSA	% QUE PASSA DA AMOSTRA
				PARCIAL
Nº 16	1,190	358		
Nº 30	0,600	1361		
Nº 40	0,420	8,90		
Nº 50	0,297	8,00		
Nº 100	0,149	2080		
Nº 200	0,075	6,15		

SEDIMENTAÇÃO (DENSÍMETRO Nº)				PROVETA Nº 4						
DATA	HORA	TEMPO DECORRIDO	LEITURA (L)	TEMPERATURA (°C)	CORREÇÃO DO MENISCO/TEMPERATURA	LEITURA CORRIGIDA (L.C)	ALTURA DE QUEDA (h.cm)	LEITURA CORRIGIDA FINAL (L.C.)	σ DOS GRAUS (m.m.)	% < σ DA AMOSTRA TOTAL (q)
	9:12	30 seg.	12,5	26						
		1 min	11,5	26						
	9:14	2 min	11	26						
	9:16	4 min	11	26						
	9:20	8 min	11	26						
	9:27	15 min	11	26						
	9:42	30 min	11	26						
	10:12	1 h	10	26						
	11:12	2 h	10	26						
	13:12	4 h	10	26						
	17:12	8 h	10	26						
	18:12	25 h	8,0	26						

PROJETO \_\_\_\_\_ REGISTRO Nº \_\_\_\_\_

LOCALIZAÇÃO \_\_\_\_\_

ESTACA Nº \_\_\_\_\_ FURO Nº \_\_\_\_\_ AMOSTRA Nº \_\_\_\_\_ PROFUNDIDADE (m) \_\_\_\_\_

DESCRIÇÃO DO SOLO \_\_\_\_\_

AMOSTRA  TRADO (d= )  BLOCO  S.P.T.  \_\_\_\_\_

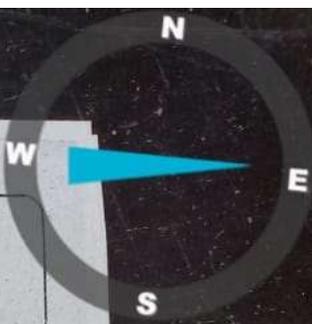
RESPONSÁVEL \_\_\_\_\_ DATA \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Mod-02/LS1

8 de nov. de 2023 14:36:39  
55° NE  
Número do índice: 834

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
LABORATÓRIO DE SOLOS E INSTRUMENTAÇÃO

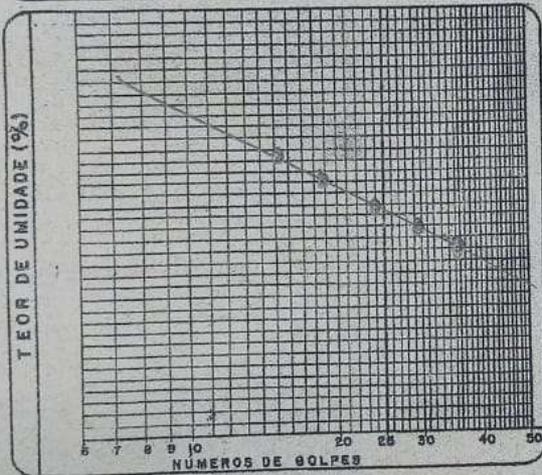
LIMITES  
DE  
CONSISTÊNCIA



A-1

LIMITE DE PLASTICIDADE							OPERADOR:
CÁPSULA	Nº		6	5	36	83	81
PESO BRUTO ÚMIDO (g)			7,61	14,21	28,94	11,61	7,55
PESO BRUTO SECO (g)			7,36	14,03	27,6	11,35	7,31
PESO DA CÁPSULA (g)			553	1267	838	941	552
PESO DA ÁGUA (g)							
PESO DO SOLO SECO (g)							
UNIDADE (%)							
RESULTADO:							
L.P =							1330 %

LIMITE DE LIQUIDEZ							OPERADOR:
CÁPSULA	Nº		411	357	82	3	81
GOLPES	Nº		35	29	26	21	18
PESO BRUTO ÚMIDO (g)			15,04	16,22	17,04	21,24	21,65
PESO BRUTO SECO (g)			13,66	14,62	15,64	19,75	20,00
PESO DA CÁPSULA (g)			551	535	772	1160	1171
PESO DA ÁGUA (g)							
PESO DO SOLO SECO (g)							
UNIDADE (%)							
RESULTADO							
L.L =							1768 %



UNIDADE NATURAL	
CÁPSULA	Nº
PESO BRUTO ÚMIDO (g)	
PESO BRUTO SECO (g)	
PESO DA CÁPSULA (g)	
PESO DA ÁGUA (g)	
PESO DO SOLO SECO (g)	
UNIDADE (%)	
UNIDADE MÉDIA (%)	
OBSERVAÇÕES:	
10.433%	

PROJETO: HAMILTON REGISTRO Nº \_\_\_\_\_

LOCALIZAÇÃO \_\_\_\_\_

ESTACA Nº \_\_\_\_\_ FURO Nº \_\_\_\_\_ AMOSTRA Nº \_\_\_\_\_ PROFUNDIDADE (m) \_\_\_\_\_

DESCRIÇÃO DO SOLO \_\_\_\_\_

AMOSTRA  TRADO  BLOCO  S.P.T.  \_\_\_\_\_

RESPONSÁVEL \_\_\_\_\_ DATA \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Mod. 04/LS1

8 de nov. de 2023 14:37:39  
Número do índice: 837  
25L 284647 9109312  
95°E



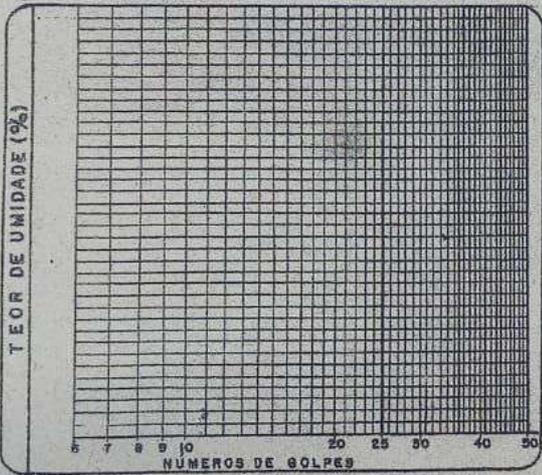
A-2

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
 CENTRO DE TECNOLOGIA  
 DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
 LABORATÓRIO DE SOLOS E INSTRUMENTAÇÃO

LIMITES  
 DE  
 CONSISTÊNCIA

LIMITE DE PLASTICIDADE							OPERADOR:
CÁPSULA	Nº	882	58	9	3	18	
PESO BRUTO ÚMIDO	(g)	10,20	7,92	9,20	12,74	7,64	
PESO BRUTO SECO	(g)	10,02	7,64	8,99	12,54	7,44	DATA: / /
PESO DA CÁPSULA	(g)	8,68	5,79	7,36	10,95	5,82	CALCULISTA:
PESO DA ÁGUA	(g)						
PESO DO SOLO SECO	(g)						RESULTADO:
UNIDADE	(%)						L.P. = 267 %

LIMITE DE LIQUIDEZ							OPERADOR:
CÁPSULA	Nº	10	43	7	49A	508	
GOLPES	Nº	35	28	26	24	15	
PESO BRUTO ÚMIDO	(g)	19,22	20,81	17,09	16,12	23,83	DATA: / /
PESO BRUTO SECO	(g)	13,79	19,08	15,24	14,32	21,27	CALCULISTA:
PESO DA CÁPSULA	(g)	9,66	9,48	5,49	7,93	8,13	
PESO DA ÁGUA	(g)						RESULTADO
PESO DO SOLO SECO	(g)						L.L. = 1837 %
UNIDADE	(%)						



UMIDADE NATURAL			
CÁPSULA	Nº		
PESO BRUTO ÚMIDO	(g)		
PESO BRUTO SECO	(g)		
PESO DA CÁPSULA	(g)		
PESO DA ÁGUA	(g)		
PESO DO SOLO SECO	(g)		
UNIDADE	(%)		
UNIDADE MÉDIA	(%)		
OBSERVAÇÕES: IP. 570%			

PROJETO: \_\_\_\_\_ REGISTRO Nº \_\_\_\_\_  
 LOCALIZAÇÃO: \_\_\_\_\_  
 ESTACA Nº \_\_\_\_\_ FURO Nº \_\_\_\_\_ AMOSTRA Nº \_\_\_\_\_ PROFUNDIDADE (m) \_\_\_\_\_  
 DESCRIÇÃO DO SOLO: \_\_\_\_\_  
 AMOSTRA  TRADO  BLOCO  S.P.T.  \_\_\_\_\_  
 RESPONSÁVEL: \_\_\_\_\_ DATA: / / \_\_\_\_\_

Mod.- 04/LSI

8 de nov. de 2023 14:36:50  
 25L 284627 9109318  
 52° NE  
 Número do índice: 835



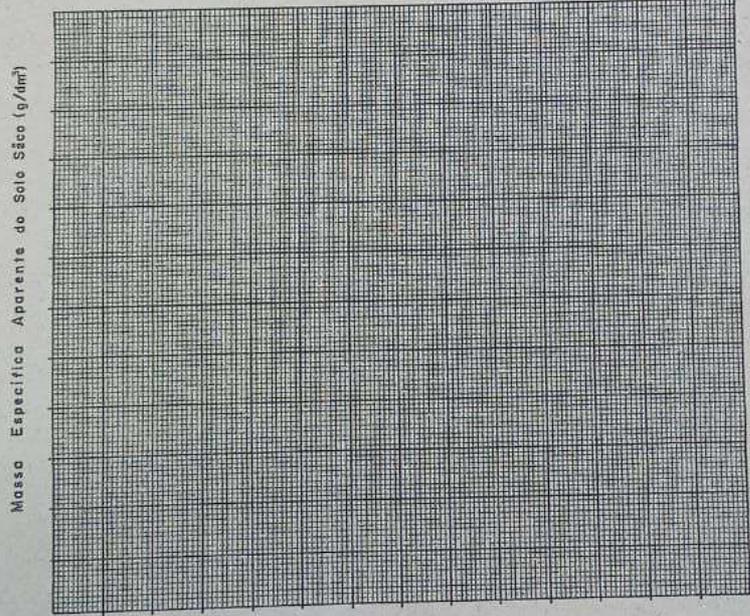
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
LABORATÓRIO DE SOLOS E INSTRUMENTAÇÃO

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO  
ENERGIA PROCTOR  
-NORMAL-

A1

Cilindro n.º	1								
Peso do Cilindro (g)	2296								
Volume do Cilindro (cm³)	989,00								
Peso do Cilindro+Solo Úmido (g)	4187,1	4304,6	4454,7	4479,8	4452,0				
Peso do Solo Úmido (g)									
Massa Específica Aparente Úmida (g/dm³)									
Cápsula n.º	AW 90	434	04	356	27	46	188	245	60
Peso da Cápsula+Solo Úmido (g)	54,81	68,61	45,51	52,24	54,25	48,74	49,16	50,55	60,38
Peso da Cápsula+Solo Seco (g)	52,36	66,83	43,28	49,07	48,19	45,64	45,69	46,84	54,78
Peso da Cápsula (g)	14,45	25,90	14,29	14,63	14,54	16,02	13,88	12,71	11,11
Peso da Água (g)									
Peso do Solo Seco (g)									
Fact. de Umidade (%)									
Umidade Média (%)									
Massa Específica Aparente Seca (g/dm³)									

$\gamma_{MAXS} = 2,015$   
 $W_{90} = 9,90\%$   
P.C.L. 3,900



03	600
13,15	16,91
13,10	15,85
6,32	7,69
0,05	0,06
6,78	9,16
0,73	0,65
	0,69

Projeto RESEARCH - HAMILTON Trabalho n.º \_\_\_\_\_  
 Localização UR-5  
 Estaca n.º \_\_\_\_\_ Furo n.º \_\_\_\_\_ Amostra n.º A-1 Profundidade (m) \_\_\_\_\_  
 Descrição do Solo \_\_\_\_\_ Umidade Ótima (%) \_\_\_\_\_ Água Absorvida (%) \_\_\_\_\_ I.S.C. Final (%) \_\_\_\_\_  
 $\gamma_{Smax}$  (g/dm³) \_\_\_\_\_ Expansão (%) \_\_\_\_\_  
 Operador \_\_\_\_\_ Data / / \_\_\_\_\_ Calculista \_\_\_\_\_ Visto \_\_\_\_\_

Mod - 37 / L.S.I. 4,10 5000

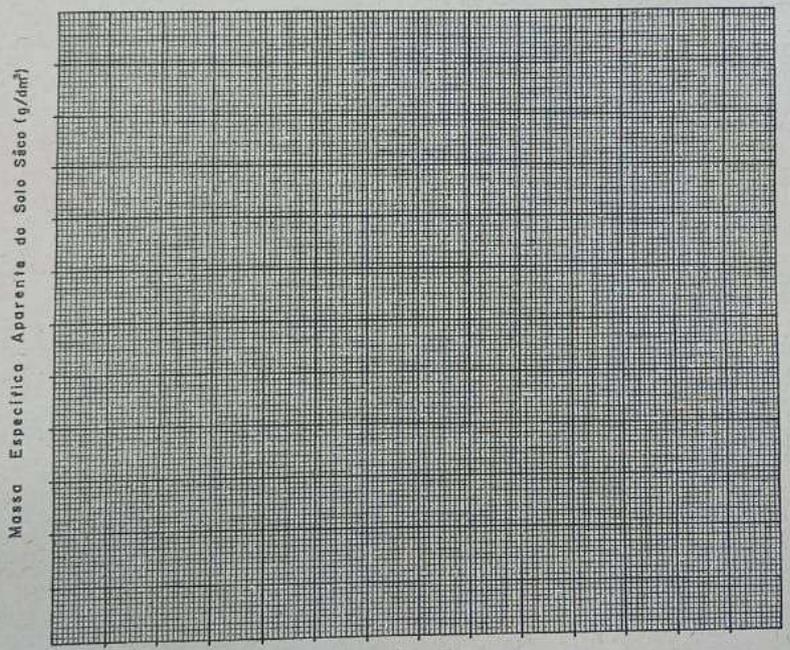
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
LABORATÓRIO DE SOLOS E INSTRUMENTAÇÃO

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO  
ENERGIA PROCTOR

Cilindro n.º	1									
Peso do Cilindro (g)	2246									
Volume do Cilindro (cm <sup>3</sup> )	989,00									
Peso do Cilindro + Solo Úmido (g)	4116,0	4267,6	4456,3	4500,0	4465,7					
Peso do Solo Úmido (g)										
Massa Específica Aparente Úmida (g/cm <sup>3</sup> )										
Cápsula n.º	229	10	61N	03	748	385	HE	317	44	15
Peso de Cápsula + Solo Úmido (g)	5333	5331	5406	5477	5532	5511	7724	6763	6649	7350
Peso de Cápsula + Solo Seco (g)	5208	5175	5163	5102	5248	5202	7267	6240	6117	6700
Peso da Cápsula (g)	12,28	19,64	14,34	15,35	16,61	13,66	26,64	14,94	16,87	12,62
Peso da Água (g)										
Peso do Solo Seco (g)										
Teor de Umidade (%)										
Umidade Média (%)										
Massa Específica Aparente Seca (g/cm <sup>3</sup> )										

A2

*Y<sub>MAX SEC</sub> - 2050  
W = 9,00%*



Projeto \_\_\_\_\_ Trabalho n.º \_\_\_\_\_  
 Localização \_\_\_\_\_  
 Estaca n.º \_\_\_\_\_ Furo n.º \_\_\_\_\_ Amostra n.º \_\_\_\_\_ Profundidade (m) \_\_\_\_\_  
 Descrição do Solo \_\_\_\_\_  
 $\bar{\rho}_{Smáx.}$  (g/dm<sup>3</sup>) \_\_\_\_\_ Umidade Ótima (%) \_\_\_\_\_ Água Absorvida (%) \_\_\_\_\_ I.S.C. Final (%) \_\_\_\_\_  
 Expansão (%) \_\_\_\_\_  
 Operador \_\_\_\_\_ Data \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Calculista \_\_\_\_\_ Visto \_\_\_\_\_

Mod - 37 / L.S.I.



UFPE		ENSAIO DE COMPACTAÇÃO, EXPANSÃO E CBR					
AMOSTRA:	AM-01			Atinicial:	XAMMILTON		
ORIGEM:	UR-5 IBURA			Data:	ENERGIA:		
COMPACTAÇÃO							
Molde Nº	Peso do molde (g)	Volume do molde (cm³)	Amostra Compactada + Molde (g)	Determinação da Unidade			
				Caps. Nº	Peso da Cápsula (g)	Caps. + Solo Úmido (g)	Cápsula + Solo Seco (g)
32	3900	2087	8400				
EXPANSÃO							
DATA	HORA	QUANT. DIAS	LEITURAS NO EXTENSÔMETRO (MM)				
			MOLDE Nº	MOLDE Nº	MOLDE Nº	MOLDE Nº	MOLDE Nº
			SUP. Nº	SUP. Nº	SUP. Nº	SUP. Nº	SUP. Nº
01/11/23	16:00	INICIO	0000				
02/11/23	15:30	1	0030				
03/11/23	15:40	2	0030				
04/11/23	15:00	3	0030				
05/11/23	15:00	4	0030				
CBR							
Tamanho em mm	Penetração (mm)	LEITURAS NO EXTENSÔMETRO (MM)					
		MOLDE Nº 32	MOLDE Nº	MOLDE Nº	MOLDE Nº	MOLDE Nº	
0,0	0	0					
0,5	0,63	4,5					
1,0	1,27	8,5					
1,5	1,9	13,					
2,0	2,54	17,					
2,5	3,17	21,					
3,0	3,81	24,5					
3,5	4,44	28,0					
4,0	5,08	30					
5,0	6,35	35					
6,0	7,62	39					
7,0	8,89	42					
8,0	10,16	46					
9,0	11,43	49					
10,0	12,7	51					

CILIN. }  $ÁREA = 183,04 \text{ cm}^2$   
 D. 15,27 cm }  
 ALT. 11,40 cm }  $VOL = 2087 \text{ cm}^3$

PISTÃO - DIÂMETRO - 4,900 cm  
 ÁREA PISTÃO - 18,85 cm²

8 de nov. de 2023 14:38:04  
 25L 284626 9109320  
 83° E  
 Número do índice: 838