



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Aline Cunha da Silva

ESTABILIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA: Estudo comparativo entre brita e seixo para
pavimentação urbana em Palmas.

Palmas – TO

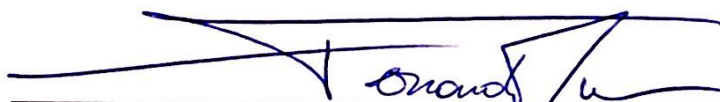
2019

Aline Cunha da Silva
ESTABILIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA: Estudo comparativo entre brita e seixo
para pavimentação urbana em Palmas

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
II elaborado e apresentado como requisito
parcial para obtenção do título de
bacharel em Engenharia Civil pelo
Centro Universitário Luterano de Palmas
(CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. MSc. Fernando Moreno
Suarte Júnior.

Aprovado em: 14 / 11 / 2019



Prof. MSc. Fernando Moreno Suarte Júnior.

Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. MSc. Edivaldo Alves dos Santos

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Esp. Euzir Pinto Chagas

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2019

Dedico este trabalho ao meu Amado Pai Celeste, à minha doce Mãe Maria, aos queridos pais que Eles me cederam, Wilson e Lourdes, e de modo especial, ao meu eterno e amado Gabriel. Tudo isso foi por vocês!

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu Amado e Querido DEUS e minha Mãezinha Maria, por toda a força que me deram durante todos esses anos, pelo sustento, zelo, amor e sobretudo por serem os provedores de tudo o que se fez necessário para que meus sonhos fossem realizados, eu Os louvo e dou graças. Sem Vocês, nada seria possível.

Ao meu doce irmão e anjo, Biel, por estar sempre ao meu lado e por ainda cuidar de mim. Você sempre foi e será a razão de tudo.

Seu Wilson, dona Lourdes, meus estimados pais, agradeço-vos aqui, por todo amor, preocupação e por cada gota de suor derramada por mim, em prol do meu sustento e de minha formação. Meus irmãos, Jorge, Vinícius, Gabriel, Neuma e Fernanda, essa vitória também é de vocês.

Ao meu namorado e melhor amigo, Rodrigo, que sempre me incentivou, acreditou em mim, e que muito me deu auxílio, meu muito obrigada. Você com toda sua paciência, carinho e cuidado, me ensina a ser melhor a cada dia.

Agradeço a todos do grupo de oração Parresia, minha abençoada família, que me acolheram com tanto amor e carinho e que também contribuíram para que eu chegasse onde hoje estou.

Minha eterna gratidão também a todos os professores do Ceulp/ULBRA, que sempre se dispuseram a dar o seu melhor, que torceram por cada um de nós e que são para mim, grande inspiração. Em especial, ressalto ao meu orientador Prof. MSc. Fernando Moreno, a quem muito admiro.

Não poderia deixar de agradecer as pessoas tão especiais que pude conhecer durante esta caminhada. Mirella, Warlison, Adrienne, Mariana e em especial Ianka, vocês são verdadeiros tesouros dados por Deus. Nos dias mais difíceis e árduos, vocês me estenderam as mãos e me prestaram o auxílio que precisei. Amo cada um, em suas peculiaridades, de um jeito diferente e especial.

RESUMO

SILVA, Aline Cunha. **ESTABILIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA: Estudo comparativo entre brita e seixo para pavimentação urbana em Palmas**. 2019. 98 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2019.

Com o intuito de conferir a um solo, condições para resistir a deformações e ruptura durante o período em que lhe forem exigidas tais características, num pavimento ou obra qualquer, a estabilização do solo encontrado in loco é uma forma econômica de solucionar o problema de solos pouco resistentes. Diante disso, este trabalho teve como objetivo, realizar um estudo comparativo da estabilização do solo natural, proveniente do rebaixo do subleito da quadra T-23, utilizando como método a estabilização granulométrica com seixo e brita. Para tanto, utilizou-se uma metodologia com abordagem quali-quantitativa, com caráter de estudo de caso, onde além do levantamento de informações teóricas, fez-se observações e experimentos. Como resultado, observou-se que de fato o solo natural não atendia totalmente às prescrições do DNIT, pois apresentou um CBR de apenas 40,9%. Além do solo natural, foram analisadas as misturas solo-brita a 20 e 40%, e misturas solo-seixo, com os mesmos teores. Em média, os CBRs das misturas solo-brita foram, aproximadamente, 32% maiores do que os da mistura solo-seixo. Incorporando 20% de agregado, o CBR da mistura solo-brita ficou 29% maior do que do solo-seixo, enquanto para 40% de agregado a diferença entre as misturas foi de aproximadamente de 34%. Diante disso, visando uma maior economia, estimaram-se teores ideais de adição, resultando em 4,8% de brita e 9,1% de seixo. Cada mistura foi orçada e comparada, concluindo-se que a adição de 4,8% brita seria 45% mais econômica do que a mistura mais barata entre os teores preestabelecidos, sendo assim, a melhor entre as opções.

Palavras-chave: Estabilização granulométrica, pavimento, solo-brita.

ABSTRACT

SILVA, Aline Cunha. **GRANULOMETRIC STABILIZATION: Comparative study between gravel and pebble for urban paving in Palmas.** 2019. 98 p. Course Conclusion Paper (Undergraduate) - Civil Engineering Course, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2019.

In order to provide a soil with conditions to resist deformation and breakage during the period when such characteristics are required, in a pavement or construction any, soil stabilization is an economical way to solve the soil problem little resistant. Therefore, the objective of this work was to carry out a comparative study of the stabilization of the natural soil from the subgrade of the T-23 block, using pebble and gravel granulometric stabilization as a method. For this, we used a methodology with quali-quantitative approach, with character of case study, where besides the theoretical information survey, observations and experiments were made. As a result, it was observed that in fact the natural soil did not fully meet the DNIT requirements, as it presented a ISC of only 40.9%. In addition to the natural soil, gravel soil mixtures at 20 and 40% and pebble soil mixtures with the same contents were analyzed. On average, the ISC of the gravel soil mixtures were approximately 32% higher than those of the pebble soil mix. Incorporating 20% aggregate, the ISC of the gravel soil mixture was 29% higher than that of the pebble soil, while for 40% aggregate the difference between the mixtures was approximately 34%. Thus, aiming at greater economy, ideal addition contents were estimated, resulting in 4.8% gravel and 9.1% pebble. Each mixtures was budgeted and compared, concluding that the addition of 4.8% gravel would be 45% more economical than the cheapest mixtures among the pre-established percentage, thus being the best among the options.

Keywords: Granulometric stabilization, pavement, gravel soil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Ilustração das camadas do pavimento flexível	15
Figura 2 - Ensaio Limite de Plasticidade	17
Figura 3 - Escala granulométrica AASHO.	18
Figura 4 - Representação de diferentes curvas granulométricas	19
Figura 5 - Aparelho utilizado para o ensaio de ISC	22
Figura 6 - Classificação das bases e sub-bases flexíveis e semi-rígidas	28
Figura 7 - Delimitação da Quadra T-23.....	33
Figura 8 - Fluxograma com Etapas do Projeto	34
Figura 9 - Avenida TLO-3.....	40
Figura 10 - Pá e picareta utilizadas para a coleta de material.....	41
Figura 11 - Processo de Secagem Prévia ao Ar Livre	41
Figura 12 - Separação de Amostras	42
Figura 13 - Curva Granulométrica do Solo Natural	43
Figura 14 - Série de Peneiras após Ensaio de Granulometria.....	44
Figura 15 - Ensaio de Limite de Liquidez	44
Figura 16 - Compactação do Solo Natural	45
Figura 17 - Ensaio de CBR (ISC)	46
Figura 18 - Curva Granulométrica da Mistura Solo-Brita a 20%	47
Figura 19 - Compactação da Mistura Solo-Brita a 20%	47
Figura 20 - Curva Granulométrica da Mistura Solo-Brita a 40%	48
Figura 21 - Compactação da Mistura Solo-Brita a 40%.....	49
Figura 22 - Curva Granulométrica da Mistura Solo-Seixo a 20%	50
Figura 23 - Compactação da Mistura Solo-Seixo a 20%.....	50
Figura 24 - Curva Granulométrica da Mistura Solo-Seixo a 40%	51
Figura 25 - Compactação da Mistura Solo-Seixo a 40%.....	52
Figura 26 - Comparativo Granulometria	54
Figura 27 - Comparativo Curva de Compactação	54
Figura 28 - Comparativo CBR	55
Figura 29 - Curva CBR x % de agregado	56
Figura 30 - Curva CBR x % de agregado	57
Figura 31 - Comparativo Financeiro	58
Figura 32 – Comparativo Técnico-Financeiro.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Classificação dos solos (Transportation Research Board)	25
Tabela 2 - Quantidade de Material	35
Tabela 3 - Granulometria do Material	38
Tabela 4 - Ensaio de Abrasão Los Angeles (Brita)	42
Tabela 5 - Ensaio de Abrasão Los Angeles (Seixo)	43
Tabela 6 - Resumo Compactação, CBR e Faixas Granulométricas	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características dos tipos de pavimento	14
Quadro 2 - Terminologia do Sistema Unificado de Classificação dos Solos.....	23
Quadro 3 - Resumo Sistema Unificado de Classificação dos Solos	24

LISTA DE ABREVIATURAS

AASHO	<i>American Association of State Highway Officials</i>
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BDI	Benefícios e Despesas Indiretas
BGS	Brita Graduada Simples
BGTC	Brita Graduada Tratada com Cimento
CBR	<i>California Bearing Ratio</i>
CCR	Concreto Compactado com Rolo
DNER	Departamento Nacional de Estrada e Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de infraestrutura de Transportes
ES	Especificação de Serviço
HIS	Habitação de Interesse Social
IG	Índice de grupo
IP	Índice de plasticidade
ISC	Índice de Suporte Califórnia
LDI	Lucro e Despesas Indiretas
LL	Limite de liquidez
LP	Limite de plasticidade
ME	Método de Ensaio
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
SICRO	Sistema de Custos Referenciais de Obras
SINAPI	Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil
SUCS	Sistema Unificado de Classificação de Solos
TRB	<i>Transportation Research Board</i>

LISTA DE FÓRMULAS

Fórmula 1: Abrasão “Los Angeles”.....	21
---------------------------------------	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS.....	12
1.1.1 Objetivo Geral	12
1.1.2 Objetivos Específicos	12
1.2 JUSTIFICATIVA	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 PAVIMENTAÇÃO	14
2.1.1 Pavimento Flexível	14
2.1.2 Base	15
2.2 SOLOS	15
2.3 PARÂMETROS DOS SOLOS.....	16
2.3.1 Limites de Atterberg	16
2.3.1.1 Limite de Liquidez (LL)	17
2.3.1.2 Limite de Plasticidade (LP)	17
2.3.1.3 Índice de Plasticidade (IP).....	17
2.3.2 Análise Granulométrica	18
2.3.3 Ensaio de abrasão Los Angeles	19
2.3.4 Compactação	20
2.3.5 Índice de Suporte Califórnia (ISC)	21
2.4 CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS	22
2.4.1 Sistema Unificado de Classificação dos Solos	23
2.4.2 Sistema de Classificação do TRB	24
2.5 ESTABILIZAÇÃO DE SOLOS.....	27
2.5.1 Tipos de Estabilização	27
2.5.1.1 Estabilização Física	27
2.5.1.2 Estabilização Mecânica	27
2.5.2 Estabilização Granulométrica	28
2.5.3 Base de Solo Estabilizado	29
2.6 ORÇAMENTO.....	30
2.6.1 Classificação	30
2.6.1.1 Sintético.....	30
2.6.1.2 Analítico	30
2.6.2 Parâmetros de orçamento	31

2.6.2.1 SICRO	31
2.6.2.2 SINAPI	31
3 METODOLOGIA.....	32
3.1 APRESENTAÇÃO – TIPO DO ESTUDO	32
3.2 OBJETO DE ESTUDO	32
3.3 ETAPAS DO PROJETO	34
3.3.1 Levantamento Bibliográfico	35
3.3.2 Inspeção Visual	35
3.3.3 Coleta de Material	35
3.3.4 Ensaios Laboratoriais.....	36
3.3.4.1 Ensaio com a Brita.....	36
3.3.4.2 Ensaio com o Seixo	36
3.3.4.3 Ensaios com o Solo Natural	36
3.3.4.4 Determinação de Teores	36
3.3.4.5 Ensaios com a Mistura Solo-Brita	37
3.3.4.6 Ensaios com a Mistura Solo-Seixo.....	37
3.3.5 Análise dos Resultados Segundo as Normas	37
3.3.6 Seleção dos Melhores Resultados	38
3.3.7 Comparativo Técnico Financeiro.....	39
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
4.1 INSPEÇÃO VISUAL.....	40
4.2 COLETA DO MATERIAL	40
4.3 ENSAIOS LABORATORIAIS	41
4.3.1 Ensaios com a Brita	42
4.3.2 Ensaios com o Seixo	42
4.3.3 Ensaios com o Solo Natural	43
4.3.3.1 Análise Granulométrica.....	43
4.3.3.2 Limites de Atterberg.....	44
4.3.3.3 Compactação	45
4.3.3.4 CBR (ISC) e Expansão	45
4.3.4 Ensaios com a Mistura Solo-Brita.....	46
4.3.4.1 20% de Brita.....	46
4.3.4.2 40% de Brita	48
4.3.5 Ensaios com a Mistura Solo-Seixo	49

4.3.5.1 20% de Seixo	49
4.3.5.2 40% de Seixo	51
4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS SEGUNDO AS NORMAS.....	52
4.5 COMPARATIVO ENTRE MISTURAS.....	53
4.5.1 Análise Granulométrica	53
4.5.2 Compactação.....	54
4.5.3 CBR.....	54
4.6 COMPARATIVO ENTRE PESQUISAS.....	55
4.7 DETERMINAÇÃO DE TEORES IDEAIS.....	56
4.8 ORÇAMENTO.....	57
4.9 COMPARATIVO TÉCNICO-FINANCEIRO	59
5 CONCLUSÃO.....	60
REFERÊNCIAS	62
APÊNDICES A	66
APÊNDICES B	68
APÊNDICES C	74
APÊNDICES D	76
APÊNDICES E	82
APÊNDICES F.....	88

1 INTRODUÇÃO

Para serem usados com fins de pavimentação, os solos precisam conter propriedades físicas que os confirmem estabilidade e os faça resistir aos esforços e cargas a que serão submetidos. No entanto, nem sempre o solo encontrado em campo atende à essas condições.

Nesse contexto, faz-se necessário, por diversas vezes, buscar em outras jazidas de solo, um material dotado pelas características de interesse. O elevado custo referente ao transporte, quando estas se localizam distantes do local da obra, e os danos ambientais gerados pela exploração do material, são alguns pontos negativos que por si só, são suficientes para a busca por outra alternativa.

Surge então, a opção de conferir ao próprio solo encontrado no local da obra, as características necessárias para que o mesmo possa ser utilizado. Esse processo é denominado estabilização de solos, e significa dar a ele condições de resistir à deformações e ruptura durante o período em que estiver exercendo funções que exigem essas características, num pavimento ou outra obra qualquer (SENÇO, 2001).

Diante do exposto e sabendo que optar pela estabilização do solo encontrado in loco, é uma opção válida, já que reduz o custo, o tempo de execução da obra e os impactos ambientais, o presente estudo teve como intuito, estabilizar granulometricamente o solo proveniente do rebaixo do subleito da quadra T-23, no Jardim Taquari – Palmas - TO, de uma forma técnica e economicamente viável.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo geral, realizar um estudo comparativo da estabilização do solo natural, proveniente do rebaixo do subleito, utilizando como método a estabilização granulométrica com seixo e brita.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar as propriedades do solo em estudo;
- Realizar estudos de dosagens com diferentes teores de brita e seixo, a fim de encontrar os melhores resultados físicos e mecânicos, verificando ainda, se os mesmos atendem às especificações prescritas pelo DNIT 141:2010-ES, para o CBR de 60%;
- Realizar o estudo comparativo financeiro dos melhores resultados obtidos.

1.2 JUSTIFICATIVA

A quadra T-23, é uma das 12 quadras que compõem o Setor Jardim Taquari, na cidade de Palmas-TO. É uma área que merece certa atenção, sobretudo por tratar-se de um loteamento destinado a implantação de Habitações de Interesse Social (HIS). Está prevista para a T-23, a construção de cerca de 450 unidades habitacionais, ou seja, um número considerável de pessoas circulará pela quadra diariamente.

Apesar da relevância social, a área conta com uma infraestrutura viária extremamente precária, onde em certos pontos não há vestígios de pavimentação asfáltica ou qualquer outro serviço que garanta ao usuário, boas condições de tráfego. No entanto, além do direito à moradia, essas pessoas necessitam contar com uma estrutura que resista técnica e economicamente, aos esforços provenientes do tráfego e do clima, lhes proporcionando melhora nas condições de rolamento, aliando conforto, economia e segurança (BERNUCCI *ET. AL.*, 2006).

Para tanto, é necessário que a escolha do material a constituir essa estrutura, além de viável tecnicamente, seja financeiramente compensatória. Nesse contexto, o ideal seria utilizar o solo já existente no local, pois o custo de transporte de material onera significativamente o serviço de pavimentação. Entretanto, nem sempre o material encontrado in loco, atende às especificações necessárias para sua utilização.

Diante disso, a escolha da temática deste trabalho, se justifica a partir da necessidade de proporcionar aos residentes da T-23, melhores condições de tráfego, a partir da tentativa de conferir ao material encontrado no próprio local, características que o coloque em uma condição que atenda às especificações e às necessidades de projeto, visando assim, um melhor aproveitamento econômico e desenvolvimento da obra.

Além disso, a relevância e motivação para a realização do presente estudo, também está ligada à preservação ambiental. Alterar às propriedades do subleito, afim de viabilizá-lo a ser utilizado como base, é uma decisão benéfica, ambientalmente falando, uma vez que evita a exploração de jazidas de solos, ato que além de problemas ambientais, gera a sua escassez, visto que as jazidas se tratam de uma fonte não renovável e finita.

De forma geral, acredito que a difusão de pesquisas nessa área, salienta à sociedade a importância de estar sempre buscando tecnologias novas e cada vez mais ecológicas e sustentáveis.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PAVIMENTAÇÃO

Segundo Bernucci *et al.* (2006), o pavimento consiste em uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, destinada a resistir técnica e economicamente, aos esforços provenientes do tráfego e do clima, além de proporcionar aos usuários melhora nas condições de rolamento, aliando conforto, economia e segurança.

Já para Senço (2007), pavimento significa uma série de camadas assentadas sobre um semi-espaço infinito que funciona como uma fundação da estrutura, denominado subleito.

Essa estrutura, de forma geral é classificada em: pavimentos flexíveis, semirrígidos e rígidos (DNIT, 2006). O Quadro 1 apresenta as principais características de cada uma destas classificações.

Quadro 1 - Características dos tipos de pavimento

Flexível	Semirrígido	Rígido
Todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas.	Caracteriza-se por uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias como por exemplo, uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica.	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.

Fonte: DNIT (2006).

2.1.1 Pavimento Flexível

Balbo (2007) afirma que o pavimento flexível é uma estrutura composta por camadas sobrepostas de diferentes materiais compactados, apropriada para atender estrutural e operacionalmente ao tráfego, de forma durável e com menor custo.

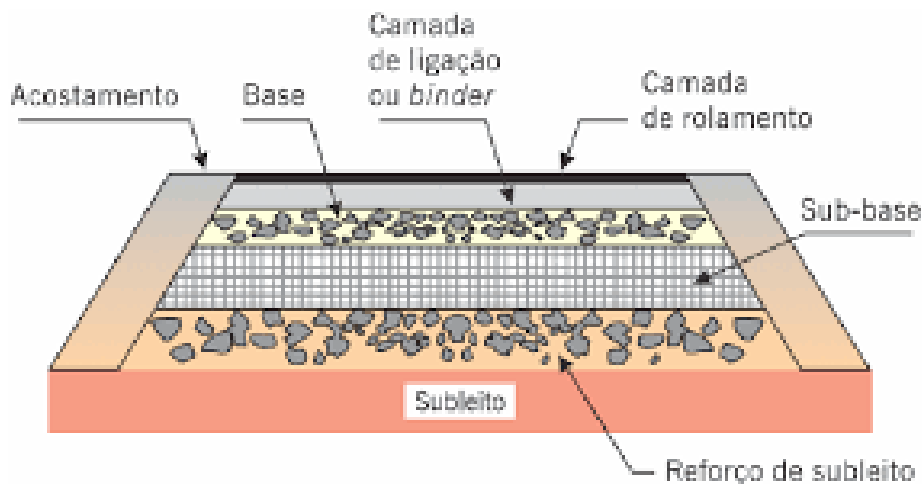
Já segundo DNIT (2006), o pavimento flexível é aquele no qual todas as camadas constituintes são submetidas à deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado, e dessa forma, a carga é distribuída em parcelas semelhantes em cada camada.

Esse tipo de pavimento pode ser constituído por 4 tipos de camadas distintas, sendo elas: revestimento, possuindo a função de receber as cargas estáticas ou dinâmicas sem sofrer grandes deformações; base, que deverá resistir diretamente as tensões dos veículos e as transmiti-las de forma conveniente para o subleito; sub-base, tendo a mesma função da base, sendo uma camada complementar; e reforço do subleito que é uma camada executada de

forma que a espessura da sub-base possa ser reduzida, facilitando a distribuição das tensões para o subleito (BERNUCCI ET AL., 2006).

A figura a seguir, ilustra as camadas constituintes do pavimento flexível.

Figura 1- Ilustração das camadas do pavimento flexível



Fonte: Bernucci *et al.*, 2006

2.1.2 Base

Senço (2007), afirma que a camada de base é destinada a resistir e distribuir os esforços verticais provenientes do tráfego. Segundo o autor, o pavimento pode ser constituído apenas por base e revestimento, podendo a base ser ou não, complementada pelas camadas de sub-base e reforço do subleito.

A tensão máxima de cisalhamento ocorre na camada de base, logo, ela deverá ser constituída de um material de excelente qualidade e ser bem executada. Conforme Silva (2008), os materiais que podem ser empregados como base são: Brita Graduada Simples (BGS), Concreto Compactado a Rolo (CCR), Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC), Macadames Hidráulico e Seco, Solo-Cal, Solo-Cimento e Solo-Brita.

2.2 SOLOS

Segundo Pinto (2006), os solos são formados por um conjunto de partículas com água ou outro líquido e ar nos espaços entre eles. As partículas, geralmente, são livres para deslocar-se entre si. No entanto, algumas vezes uma pequena cimentação pode ocorrer entre elas, em um grau bem mais baixo, se comparado aos cristais de uma rocha ou de metal, ou nos agregados de um concreto.

Pinto (2006), afirma ainda, que todos os solos têm origem da decomposição das rochas que constituíam inicialmente da crosta terrestre, processo decorrente dos agentes físicos e químicos. Diferenças de temperaturas provocam trincas, por onde a água entra e ataca quimicamente os minerais. O congelamento dessa água nas trincas, entre outros fatores, exerce elevadas tensões, gerando elevada fragmentação dos blocos. A presença da fauna e da flora, provocam o ataque químico por meio de hidratação, hidrólise, oxidação, lixiviação, troca de cátions, carbonatação, e entre outros.

O conjunto desses processos, leva a formação dos solos, que por consequência, são uma mistura de partículas pequenas diferenciadas pela composição química e pelo tamanho. A maior ou menor concentração de cada tipo de partícula em um determinado solo depende da rocha que o originou (PINTO, 2006).

Para Caputo (1998), os solos são materiais resultantes do intemperismo ou meteorização das rochas, por dois processos de desintegração:

- Por desintegração mecânica: através de agentes como água, temperatura, vegetação e vento, são gerados os pedregulhos e areias (solos de partículas grossas) e até mesmo os siltes (partículas intermediárias), e, somente em condições especiais, as argilas (partículas finas).
- Por decomposição química: quando há modificação química ou mineralógica das rochas de origem. O principal agente é a água e os mais importantes mecanismos de ataque são a oxidação, hidratação, carbonatação e os efeitos químicos da vegetação. As argilas representam o produto final do processo de decomposição.

2.3 PARÂMETROS DOS SOLOS

2.3.1 Limites de Atterberg

Conforme Caputo (1996), para os solos que apresentarem uma textura com certa porcentagem de fração fina, a granulometria não é suficiente para caracterizá-lo, uma vez que as propriedades plásticas dependem do teor de umidade, da forma das partículas e da composição química e mineralógica.

O comportamento do material pode variar conforme o teor de umidade presente nele, sendo estes o estado sólido, semi-sólido, plástico e líquido.

Existe um ponto de transição do estado semi-sólido para o estado plástico, que é denominado como limite de plasticidade. Já o ponto de transição do estado plástico para o líquido, pode ser chamado de limite de liquidez (DAS, 2007).

Para determinação dos valores de cada limite, devem ser realizados os ensaios em conformidade com a norma ABNT NBR 6459:2016 – Solo – Determinação do limite de liquidez – Método de Ensaio e ABNT NBR 7180:2016 – Solo – Determinação do Limite de Plasticidade. Além das formas previamente citadas, o limite de liquidez (LL) e limite de plasticidade (LP), também podem ser obtidos conforme o DNER-ME 122:94 e DNER-ME 082:94, respectivamente.

2.3.1.1 Limite de Liquidez (LL)

Segundo Caputo (1988), o limite de liquidez de um solo é definido como o teor de umidade para o qual a ranhura se fecha com 25 golpes.

Senço (2007) define como a transição do estado de consistência plástica para o estado de consistência líquida, com umidade decrescente. É simbolizado pela sigla LL e expresso em porcentagem.

2.3.1.2 Limite de Plasticidade (LP)

O limite de plasticidade (LP), para Pinto (2006), é definido pelo menor teor de umidade o qual se consegue moldar um cilindro de 3mm de diâmetro, rolando o solo com as mãos. O processo pode ser visualizado na Figura 2.

Figura 2 - Ensaio Limite de Plasticidade



Fonte: Torres Geotecnia (2019)

2.3.1.3 Índice de Plasticidade (IP)

Índice de plasticidade é obtido pela diferença entre o limite de liquidez e limite de plasticidade. Este índice define a zona que o material se encontra no estado plástico, servindo para verificar quão argilosos são determinados solos (CAPUTO, 1988).

Segundo Caputo (1988), conforme o índice, os solos podem ser classificados em:

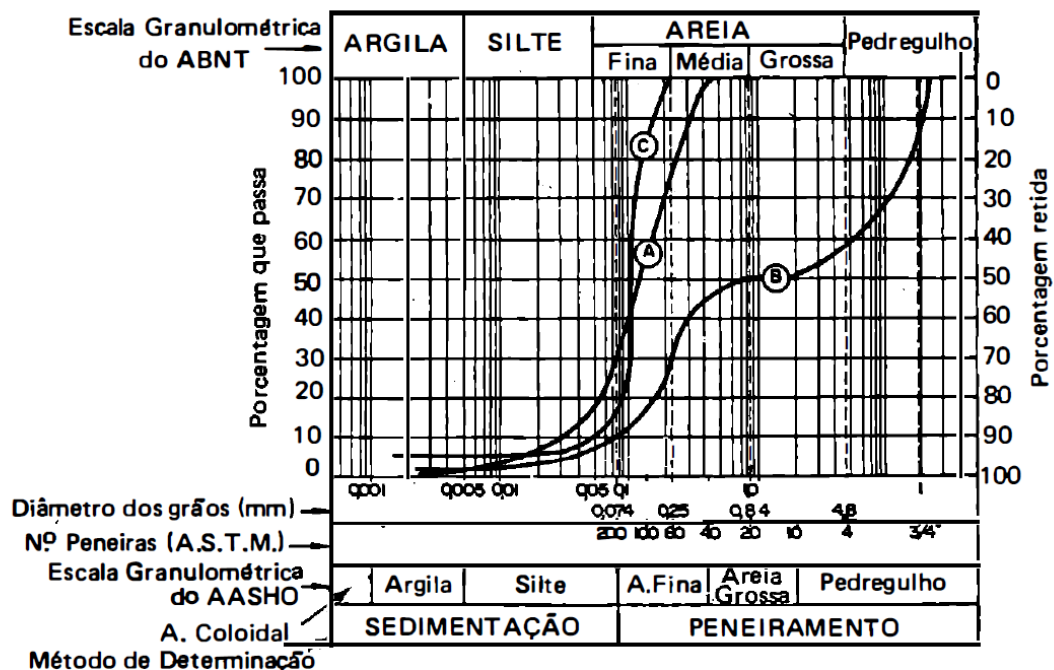
- fracamente plásticos $1 < IP < 7$
- medianamente plásticos $7 < IP < 15$
- altamente plásticos $IP > 15$

2.3.2 Análise Granulométrica

Para identificação do tamanho dos grãos de um solo, realiza-se uma avaliação granulométrica, que é ocorre de duas formas: peneiramento e sedimentação. O peso do material que passa em cada peneira, referido ao peso próprio da amostra, é considerado como a porcentagem que passa, sendo representado graficamente pela abertura da peneira, em escala logarítmica. A abertura nominal da peneira é considerada como diâmetro das partículas. Trata-se de um diâmetro equivalente, pois as partículas não são esféricas (PINTO, 2006).

Segundo Caputo (1998), conforme as dimensões das suas partículas e dentro de certos limites, as frações que constituem os solos recebem designações próprias que se assemelham com a definição dos termos. Essas frações, de acordo com a escala granulométrica brasileira (ABNT), são denominadas: pedregulho - conjunto de partículas cujas dimensões estão compreendidas entre 76 e 4,8 mm; areia, entre 4,8 e 0,05 mm; silte, entre 0,05 e 0,005 mm; argila, menores 0,005 mm. A figura 3 ilustra uma escala granulométrica comumente usada.

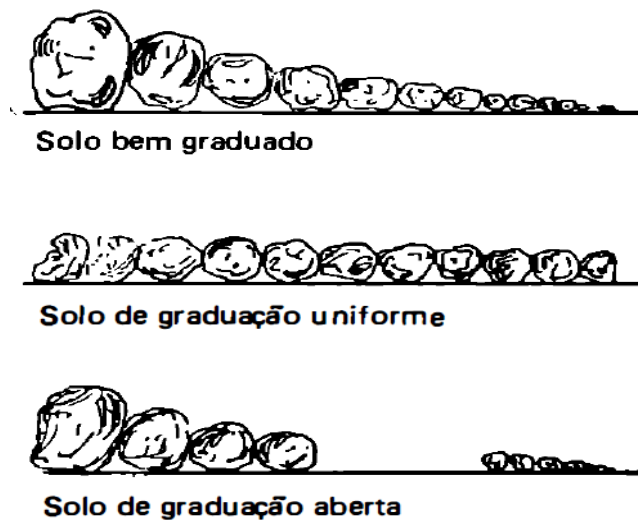
Figura 3 - Escala granulométrica AASHO.



Fonte: Caputo (1988)

Através do formato da curva podemos identificar visualmente os tipos de granulometria e analisar se o solo é bem graduado, mal graduado ou uniforme. Caputo (1988), afirma que as granulometrias podem ser: contínua (curva A), ou descontínua (curva B), uniforme (curva C), bem graduada (curva A) ou mal graduada, a depender de apresentar, ou não, um predomínio das frações grossas e suficiente porcentagem das frações finas. A Figura 4 representa os diferentes tipos de granulométricas.

Figura 4 - Representação de diferentes curvas granulométricas



Fonte: Caputo (1988)

2.3.3 Ensaio de abrasão Los Angeles

Segundo Bernucci *et al.* (2006), durante o manejo e execução de serviços de pavimentação, os agregados ficam sujeitos a fraturas e abrasão. A abrasão também pode ser proveniente da ação do tráfego. Por isso, os agregados devem apresentar características que os façam ser resistentes a quebras, degradação e desintegração.

Segundo os autores, os agregados situados nas proximidades ou na superfície do pavimento devem apresentar maior resistência a abrasão do que os das camadas inferiores.

Algumas normas brasileiras tratam da tenacidade e da resistência abrasiva dos agregados, através de ensaios. Nelas, os agregados são submetidos a alguma forma de degradação mecânica, e ao final, a alteração provocada é medida, principalmente quanto a granulometria original. Assim, as características de tenacidade, resistência abrasiva e até mesmo de dureza dos agregados são presumidamente avaliadas (MARQUES, 2001).

O ensaio comumente utilizado para medir a resistência a abrasão é o ensaio de abrasão Los Angeles. Nele, uma amostra de agregado de cerca de 5.000g (mi) é submetida a 500 ou

1.000 rotações no interior do cilindro de um equipamento padrão. Um número variável de esferas de aço, conforme a granulometria da amostra, é adicionado no cilindro, gerando impactos nas partículas durante os giros. Através da redução de massa dos agregados retidos na peneira de no 12 (1,7mm) em relação a massa inicial da amostra, é possível obter o resultado buscado (BERNUCCI *ET AL.*, 2006). Para tanto, usa-se a expressão a seguir:

$$LA = \frac{m_i - m_f}{m_i} \cdot 100 \quad [1]$$

Onde:

LA= abrasão expressa em %

m_i = massa total da amostra seca, colocada na máquina

m_f = massa da amostra lavada e seca após o ensaio

De acordo com Bernucci *et al.* (2006), os limites de aceitação para a abrasão Los Angeles dependem da aplicação do agregado e das exigências dos órgãos viários. Para revestimentos asfálticos, é preciso que o agregado contenha uma resistência ao desgaste relativamente alta, ou seja, uma baixa abrasão no ensaio Los Angeles. No Brasil, para que os agregados sejam empregados nas camadas de base e revestimento de pavimentos, o valor da abrasão Los Angeles (LA) deve estar entre 40 e 55%.

O procedimento e equipamentos utilizados no ensaio, são detalhados nas normas DNER-ME 035:98 para agregados pétreos e DNER-ME 222:94 para agregados sintéticos fabricados com argila.

2.3.4 Compactação

Segundo Pinto (2006), após um solo ser transportado e depositado para a construção de um aterro, ele se encontra fofo e heterogêneo e, assim, além de pouco resistente e muito deformável, apresenta variação de comportamento de local para local. Nesse contexto, a compactação tem em vista estes dois aspectos: aumentar o contato entre os grãos e tornar o aterro mais homogêneo. O aumento da densidade ou redução do índice de vazios é desejável não por si, mas porque várias propriedades do solo melhoram através disso.

Caputo (1988), define compactação de um solo como o processo manual ou mecânico que tem como objetivo reduzir o volume de seus vazios, assim aumentando sua resistência, tornando-o mais estável. É uma operação simples e de suma importância devido a seus

notáveis efeitos sobre a estabilização de maciços terrosos, intimamente ligadas a problemas de pavimentação e barragens de terra.

A compactação tem o intuito de melhorar as características de um solo quanto à resistência e quanto a outros fatores como a permeabilidade, compressibilidade e absorção d'água. O aumento do peso específico de um solo, produzido pela compactação, depende fundamentalmente da energia utilizada e do teor de umidade do solo (CAPUTO, 1988).

Na compactação, a saída do ar é facilitada porque quando a umidade não é muito alta, o ar se encontra em forma de canalículos ligados entre si. Esses canalículos de ar e a redução de atrito pela água, permitem uma massa específica maior quando o teor de umidade é maior. No entanto, a partir de determinado teor de umidade, a compactação não consegue mais expulsar o ar dos vazios, pois o grau de saturação é alto e o ar já está envolto por água. Assim, para a energia aplicada, um certo teor de umidade, conhecido como umidade ótima, produz uma massa específica/densidade seca máxima (PINTO, 2006).

O procedimento e equipamentos utilizados no ensaio, são detalhados na norma DNIT 164:2013-ME Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas.

2.3.5 Índice de Suporte Califórnia (ISC)

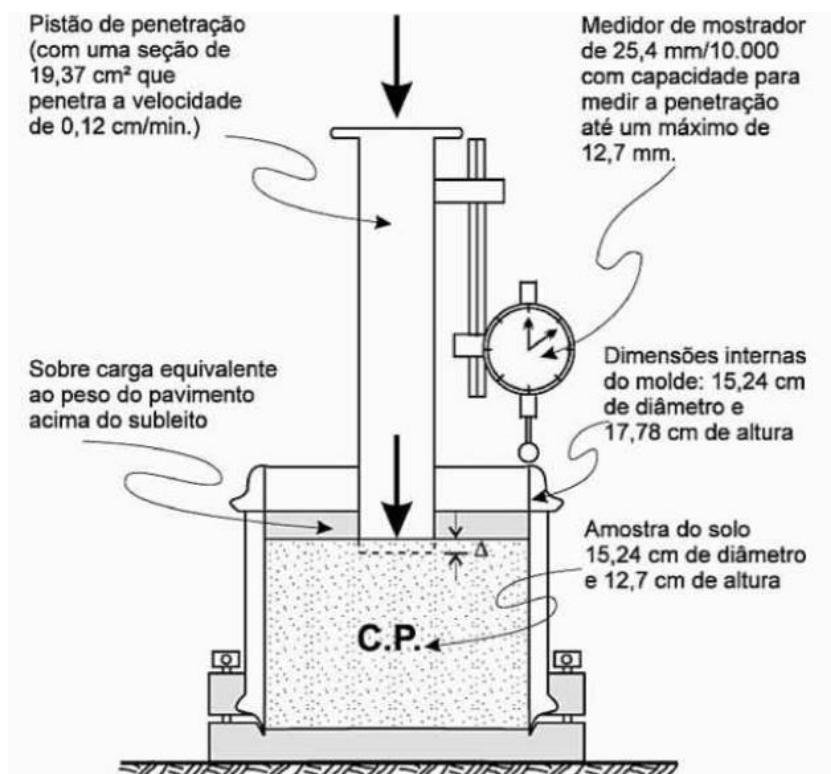
Segundo Senço (2007), ISC ou CBR (California Bearing Ratio) é umas das características mais aceitas para avaliar o comportamento de um solo, tanto como fundação de pavimento, quanto componente das camadas desse pavimento.

Bernucci *et al.* (2006), diz que a resistência no ensaio ISC é uma resposta que combina de forma indireta, a coesão e o ângulo de atrito do material. O ISC é expresso em porcentagem, e é definido como a relação entre as pressões necessárias para que haja uma determinada penetração de um pistão, de dimensões especificadas, no solo analisado, e as pressões necessárias para a mesma penetração em um material considerado padrão. O ensaio ISC, tem o procedimento regido no Brasil pela norma DNER-ME 049/94. A Figura 5, ilustra a prensa usada no procedimento.

De acordo com Caputo (1988), o ensaio de ISC ou CBR em laboratório, segue a seguinte sequência:

- Determinação da umidade ótima e do peso específico máximo;
- Determinação das propriedades expansivas do material;
- Determinação do ISC.

Figura 5 - Aparelho utilizado para o ensaio de ISC



Fonte: Senço (2007)

2.4 CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

Conforme Das (2007), certos solos, mesmo diferentes, apresentam características semelhantes, podendo ser classificados em grupos e subgrupos conforme seu comportamento do ponto de vista da engenharia. Os métodos de classificação apresentam uma linguagem comum para expressar de forma concisa, sem muitos detalhes, as características gerais dos solos, as quais são infinitamente variadas.

Pinto (2006), diz que na engenharia, a classificação dos solos tem como intuito, a possibilidade de estimar o provável comportamento do solo ou de orientar o programa de investigação que seja necessário para permitir a adequada análise de um problema. O autor afirma ainda que a validade dos sistemas de classificação é bastante discutida. Para ele, qualquer sistema cria grupos definidos por limites numéricos descontínuos, enquanto solos naturais apresentam características progressivamente variáveis.

A classificação de um solo, baseada em parâmetros físicos por ele apresentados, nunca poderá ser uma informação mais completa do que os próprios parâmetros que o levaram a ser classificado (PINTO,2006)

Ainda segundo o autor, até quem critica os sistemas de classificação não encontra forma mais clara de descrever sua experiência, a não ser afirmando que, tendo aplicado um

tipo de solução, obteve certo resultado, em determinado tipo de solo. Quando um tipo de solo é citado, é preciso que a designação seja entendida por todos, ou seja, é necessário que exista um sistema de classificação.

Para Senço (2007), a forma mais simples de classificar um solo com fins de pavimentação, é considerando a sua granulometria. Esse parâmetro, no entanto, não atende às finalidades provenientes do uso do solo para pavimentação, já que não leva em consideração, por exemplo, a plasticidade, fator de importância para estudo do uso dos solos, tanto como material de fundação, quanto como material componente das camadas do pavimento.

2.4.1 Sistema Unificado de Classificação dos Solos

Segundo Caputo (1988), de maneira geral, os solos são classificados em três grupos:

- Solos grossos: aqueles cujo diâmetro da maioria absoluta dos grãos é maior que 0,074 mm (mais que 50% em peso, dos seus grãos, são retidos na peneira nº 200);
- Solos finos: cujo diâmetro da maioria absoluta dos grãos é menor que 0,074 mm;
- Turfas: solos altamente orgânicos e extremamente compressíveis.

No primeiro grupo enquadram-se pedregulhos, areias e solos com pequenas quantias de materiais finos. No segundo, temos solos mais finos de baixa ou alta compressibilidade. E no último grupo, temos solos de regiões pantanosas e com alta taxa de decomposição vegetal acumulada (CAPUTO, 1988).

No Sistema Unificado de Classificação dos Solos, todos os solos são identificados pelo conjunto de duas letras, como apresentado no Quadro 2. A primeira identificando o tipo principal do solo e a segunda seus dados complementares (PINTO, 2006).

Quadro 2 - Terminologia do Sistema Unificado de Classificação dos Solos

G	pedregulho
S	areia
M	silte
C	argila
O	solo orgânico
W	bem graduado
P	mal graduado
H	alta compressibilidade
L	baixa compressibilidade
Pt	turfas

(Pinto, 2006)

Segundo Pinto (2006), para a classificação por esse sistema, o primeiro aspecto a se considerar é a porcentagem em massa de finos presente no solo, considerando-se finos o material passante na peneira de 0,075 mm (Nº 200). Se essa porcentagem for menor que 50%, o solo será considerado como solo de granulação grosseira, G ou S. Se for maior que 50%, o solo será considerado de granulação fina, M, C ou O. O símbolo Pt é utilizado para turfa, terra preta e outros solos altamente orgânicos (DAS, 2007).

O quadro 3 resume este sistema de classificação.

Quadro 3 - Resumo Sistema Unificado de Classificação dos Solos

SISTEMA UNIFICADO DE CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS (U.S.C.) (RESUMO)		
Classificação geral	Tipos principais	Símbolos
SOLOS GROSSOS (Menos que 50% passando na # 200)	Pedregulhos ou solos pedregulhosos	<i>GW, GP, GM e GC</i>
	Areias ou solos arenosos	<i>SW, SP, SM e SC</i>
SOLOS FINOS (Mais que 50% passando na # 200)	Siltosos ou argilosos	Baixa compressibilidade ($LL < 50$) <i>ML, CL e OL</i>
		Alta compressibilidade ($LL > 50$) <i>MH, CH e OH</i>
SOLOS ALTAMENTE ORGÂNICOS	Turfas	<i>Pt</i>

Fonte: Caputo (1988)

2.4.2 Sistema de Classificação do TRB

Transportation Research Board – TRB é um sistema de classificação onde os solos são reunidos em grupos e subgrupos, de acordo com sua granulometria, limites de consistência e do índice de grupo. O quadro 4 apresenta o quadro de classificação dos solos, segundo o sistema. O grupo do solo é determinado por processo de eliminação da esquerda para a direita, no quadro de classificação. A classificação correta será dada pelo primeiro grupo a partir da esquerda, com o qual os valores do solo ensaiado coincidir (DNIT, 2006).

Tabela 1- Classificação dos solos (Transportation Research Board)

CLASSIFICAÇÃO GERAL	MATERIAIS GRANULARES 35% (ou menos) passando na peneira Nº 200							MATERIAIS SILTO - ARGILOSOS			
	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7 A - 7 - 5 A - 7 - 6
CLASSIFICAÇÃO EM GRUPOS	A - 1 - A	A - 1 - B		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7				
Granulometria - % passando na peneira											
Nº 10	50 máx.										
Nº 40	30 máx.	30 máx.	51 min.								
Nº 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
Características da fração passando na peneira Nº 40:											
Limite de Liquidez				40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.
Índice de Plasticidade	6 máx.	6 máx.	NP	10 máx.	10 máx.	11 min.	11 min.	10 máx.	10 máx.	11 min.	11 min.*
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Materiais constituintes	Fragmentos de pedras, pedregulho fino e areia		Pedregulho ou areias siltosos ou argilosos				Solos siltosos		Solos argilosos		
Comportamento como subleito	Excelente a bom							Sofrível a mau			

* O IP do grupo A - 7 - 5 é igual ou menor do que o LL menos 30.

Fonte: DNIT (2006)

Conforme DNIT (2006), a seguir são listadas as características dos solos de cada um dos grupos e subgrupos deste sistema de classificação, relacionadas a sua utilização em pavimentação.

- Solos granulares ou de granulação grossa: que contêm 35% ou menos de material passando na peneira nº 200;
- Grupo A-1: material constituído de mistura bem graduada de fragmentos de pedra ou pedregulhos, areia grossa, areia fina e um aglutinante de solo não plástico ou fracamente plástico. Inclui também fragmentos de pedra, pedregulho, areia grossa, cinzas vulcânicas, etc., que não contêm aglutinantes de solo;
- Subgrupo A-1-a: materiais que contêm fragmentos de pedra ou pedregulho, com ou sem material fino bem graduado, funcionando como aglutinante;
- Subgrupo A-1-b: constituído principalmente de areia grossa, com ou sem aglutinante de solo bem graduado;

- Grupo A-2: abrange uma variedade de materiais que estão entre os grupos A-1 e A-3 e também entre os materiais formados pela mistura sítte-argila dos grupos A-4, A-5, A-6 e A-7. Inclui todos os solos com 35% ou menos passando na peneira n° 200, que não podem ser classificados como A-1 ou A-3, devido ao teor de finos que contêm, ou a plasticidade, ou ambos excedendo os limites estabelecidos;
- Subgrupos A-2-4 e A-2-5: refere-se ao solo contendo 35% ou menos, passando na peneira n° 200, com uma menor quantidade retida na peneira n° 40, contendo as características dos grupos A-4 ou A-5. Estes, envolvem os materiais como pedregulho e areia grossa, em que o teor de sítte e o índice de plasticidade ultrapassam os limites estabelecidos para o Grupo A-1, e areia fina com sítte não plástico ultrapassando os limites do Grupo A-3;
- Subgrupos A-2-6 e A-2-7: solos semelhantes aos do subgrupo A-2-4 e A-2-5-, exceto a porção de finos que contem argila plástica com características dos grupos A-6 ou A-7. Os índices de plasticidade maiores que 10 e percentagem passando na peneira n° 200, maiores que 15, são refletidos nos valores dos índices do grupo de 0 a 4;
- Grupo A-3: areia fina de praia ou de deserto, sem sítte ou argila, ou possuindo pequena quantidade de sítte não plástico, além de areia fina mal graduada e quantidades limitadas de areia grossa e pedregulho depositados pelas correntes;
- Grupo A-4: solo siltoso não plástico, ou moderadamente plástico, possuindo, geralmente, 5% ou mais passando na peneira n ° 200. Inclui misturas de solo fino siltoso com até 64% de areia e pedregulho retidos na peneira n° 200. Os valores dos IG vão de 1 a 8;
- Grupo A-5: solo semelhante ao que foi descrito no A-4, exceto que ele tem, geralmente, caráter diatomáceo ou micáceo, altamente elástico, como indica seu alto limite de liquidez. Os valores do IG vão de 1 a 12;
- Grupo A-6: solo argiloso, plástico, com 75% ou mais de material passando na peneira n ° 200. Inclui também misturas de solos finos argilosos, contendo até 64% de areia e pedregulho retidos na peneira n ° 200. Geralmente sofrem elevada mudança de volume entre os estados seco e úmido. Os valores dos índices do grupo vão de 1 a 16;
- Grupo A-7: solo similar ao descrito no grupo A-6, com a diferença que possui as características de alto limite de liquidez do grupo A-5, podendo ainda ser elástico e sofrer elevada mudança de volume. Os valores dos índices do grupo vão de 1 a 20;

- Subgrupo A-7-5: encerra os materiais com índice de plasticidade moderado em relação ao limite de liquidez, podendo ser altamente elástico e sujeito a elevadas mudanças de volume;
- Subgrupo A-7-6: materiais com elevados índices de plasticidade.

2.5 ESTABILIZAÇÃO DE SOLOS

Estabilizar um solo, significa dar a ele condições de resistir a deformações e ruptura durante o período em que estiver exercendo funções que exigem essas características, num pavimento ou outra obra qualquer (SENÇO, 2001).

Segundo Vargas (1985), chama-se estabilização de solos o processo pelo qual se confere ao solo uma maior resistência estável às cargas, ao desgaste ou à erosão, por meio de compactação, correção da sua granulometria e da sua plasticidade ou de adição de substâncias que lhe confirmam uma coesão proveniente da cimentação ou aglutinação dos seus grãos. O caso mais comum do emprego da estabilização é quando não se dispõe de material com propriedades de engenharia adequadas para ser usado como base de pavimentos.

2.5.1 Tipos de Estabilização

2.5.1.1 Estabilização Física

Segundo Pinto (2008), estabilização física é o processo no qual as propriedades do solo são alteradas através da modificação de sua textura. Essa forma de estabilização consiste, de forma básica, no emprego de um ou mais materiais, que se enquadrem dentro de determinada especificação. Dentro desse método, podemos citar a correção granulométrica ou a adição de fibras.

2.5.1.2 Estabilização Mecânica

Estabilização mecânica é método que aumenta, por meios mecânicos, a densidade do solo, melhorando sua resistência e durabilidade. O aumento da densidade é obtido através da redução dos vazios da mistura, pela energia imposta. Aumentando a compactação, tem-se o acréscimo da resistência mecânica. A redução dos poros também impede a percolação da água e a erosão que ela provoca, aumentando a durabilidade (PINTO, 2008).

Segundo Sartori (2015), este método de estabilização é baseado na correção granulométrica do solo, por meio de algum processo de compactação, uma vez que essa também é uma forma de permitir que o solo obtenha uma melhor densificação e alcance a umidade ótima. É um método complementar a outras formas de estabilização, além de

bastante comum no decorrer de uma obra, na execução das diferentes camadas de pavimentação.

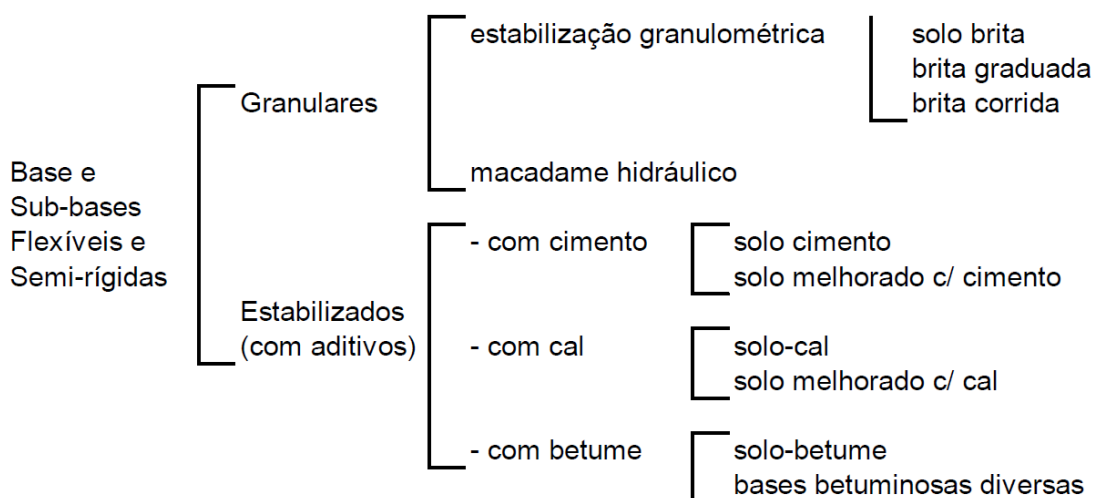
2.5.2 Estabilização Granulométrica

A chamada estabilização granulométrica, é a estabilização de um solo conseguida simplesmente pela adequada distribuição das diversas porções de diâmetro dos grãos. Resumidamente, a distribuição das porções de tamanhos diferentes faz com que os vazios dos grãos maiores sejam preenchidos pelos grãos médios, e os vazios desses, pelos miúdos. O conjunto, de estrutura densa, indica um produto de massa específica aparente maior que dos componentes, o conferindo maior resistência e impermeabilidade, além de exigir, em caso do uso de algum aglomerante, seu mínimo consumo (SENÇO, 2001).

De acordo com DNIT (2006), a estabilização granulométrica designa as camadas constituídas por solos, britas de rochas, de escória de alto forno, ou ainda, pela mistura desses materiais. Estas camadas, puramente granulares, são sempre flexíveis e são estabilizadas granulometricamente pela compactação de um material ou de mistura de materiais que apresentem uma granulometria apropriada e índices geotécnicos específicos, ditados por especificações.

Quando se faz uma mistura de material natural e pedra britada temos as sub-bases e bases de solo-brita. Já quando se utiliza exclusivamente produtos de britagem tem-se as sub-bases e bases de brita graduada ou de brita corrida (DNIT, 2006). A Figura 6, a seguir, ilustra a classificação.

Figura 6 - Classificação das bases e sub-bases flexíveis e semi-rígidas



Fonte: DNIT (2006)

De forma resumida, a estabilização granulométrica de um solo destinado à pavimentação pode ser encarada sob diversos aspectos, que implicam diversas análises. Em relação aos índices físicos, mantendo-os dentro dos limites convenientes, haverá a garantia de que essa resistência não sofra variações significativas, principalmente em virtude da variação do teor de umidade desse solo. O índice de Plasticidade, não deve ser objeto apenas de uma limitação superior, mas deve situar-se dentro de uma faixa de variação com máximo e mínimo. Máximo, evitando variações prejudiciais de volume; mínimo, exigindo a presença de material aglutinante, pouco plástico, dando ao material melhores condições de entrosamento e impermeabilização (SENÇO, 2001).

Wallau (2004), afirma que a influência da estabilização granulométrica na capacidade de suporte de um solo pode ser observada através do Índice de Suporte Califórnia (ISC), e em seu estudo notou que à medida que se aumenta o teor de agregado, obtém-se um aumento de resistência na capacidade de suporte do solo. Isto se deve a mistura se aproximar de 100% do teor de agregado onde há um teórico CBR de 100%.

Júnior, Araújo e Ayres (2018), através da adição de 20%, 30% e 40% de brita e nas mesmas proporções de seixo rolado, fizeram a estabilização de um solo de Fortaleza – CE. Segundo os autores, uma comparação dos resultados obtidos através dos ensaios, foi feita com o intuito de avaliar a influência dos agregados no ganho de resistência mecânica. Através da comparação, notou-se que houve um aumento de cerca de 65% do CBR da mistura com seixo. Já o CBR das misturas do solo com a brita foram, em média, 60% maiores que com o seixo. Ambas as misturas apresentam valores satisfatórios para a utilização tanto como material de sub-base quanto como material de base.

2.5.3 Base de Solo Estabilizado

De acordo com Senço (2007), base de solo estabilizado é uma camada que é construída satisfazendo determinadas especificações como granulometria, limite de liquidez e índice de plasticidade, e cuja estabilização pode ser realizada de forma natural ou artificial.

Quando a estabilização é feita através da própria distribuição granulométrica dos grãos, obtendo uma base densa e de certa forma impermeável, denomina-se de base estabilizada granulometricamente. Já quando a granulometria ideal é obtida através da adição de pedra britada afim de suprir a ausência de material graúdo, a camada é denominada de solo brita (SENÇO, 2007).

Os materiais constituintes de uma base estabilizada granulometricamente, podem ser solos, mistura de solos e a mistura de solos com materiais britados (DNIT, 2010). No Brasil, o

procedimento desse tipo de estabilização é normatizado pelo DNIT 141:10 ES - Pavimentação – Base estabilizada granulometricamente.

2.6 ORÇAMENTO

Conforme Mattos (2006), em geral, um orçamento é determinado através da somatória dos seguintes itens:

- custos diretos - mão-de-obra de operários, material, equipamento;
- custos indiretos - equipes de supervisão e apoio, despesas gerais do canteiro de obras, taxas, etc.;
- impostos e lucro, adicionados para se chegar ao preço de venda.

A classificação do custo de um serviço como direto ou indireto está relacionada à sua inclusão ou não na planilha de preços a serem cotados por ocasião da licitação da obra. Aqueles itens da planilha, para os quais são solicitadas cotações específicas e cujo pagamento será de acordo com alguma forma de medição, são definidos como custos diretos. Já os serviços que não constarem da planilha serão classificados como indiretos e, por isso, integrarão o LDI (Lucro e Despesas Indiretas), sendo assim, rateados sobre os custos diretos (DNIT, 2003).

2.6.1 Classificação

2.6.1.1 Sintético

Segundo Ávila et al. (2003), o orçamento sintético ou orçamento resumido, é um subproduto do orçamento detalhado, e que apresenta somente o valor dos serviços e o valor total. Podendo integrar ainda uma coluna apresentando as porcentagens dos serviços e uma linha apresentando o BDI, antes de indicar o valor total ou final.

Este tipo de orçamento normalmente é empregado nas firmas construtoras a realizar propostas orçamentárias rápidas ou expeditas que não requerem análises de composições de custo, nem de quantidades exatas das quantidades de serviços. É utilizado, principalmente, quando a relevância maior é saber o custo total, ao invés dos custos unitários (ÁVILA, 2003).

2.6.1.2 Analítico

Para Ávila *et al.* (2003), orçamento analítico ou detalhado, é aquele que apresenta o preço unitário de maneira individual, os serviços a serem cumprido e também o preço global da obra para a ser cobrado do cliente.

Deve conter: a classificação de todos os elementos e subitens dos atividades, as unidades dos serviços, as quantidades, os preços unitários dos serviços, o preço parcial ou subtotal para cada subitem, o preço do item ou subtotal de cada item, o preço total do empreendimento sem o BDI, isto é, a custo direto e o preço total do empreendimento com o BDI (ÁVILA, 2003).

2.6.2 Parâmetros de orçamento

2.6.2.1 SICRO

De acordo com o DNIT (2011), o Sistema de Custos Rodoviários – SICRO, é usado como valor referencial tanto para insumos quanto para serviços a serem considerados nos orçamentos de obras licitadas. O sistema permite que o governo contrate obras de qualidade por preços competitivos.

Esse sistema não é uma simples tabela de preços, mas sim um levantamento dotado por um conjunto de variáveis. O SICRO possui uma metodologia de formação de preços que leva em consideração a grande variação regional e temporal desses valores, em função da disponibilidade dos insumos e das distâncias dos centros de produção, além de fatores econômicos tais como a demanda gerada pelo nível de investimento em obras da região (DNIT, 2011).

2.6.2.2 SINAPI

Segundo a CAIXA (2015), o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil - SINAPI é indicado como principal fonte de referência de preços de insumos e de custos de composições de serviços pelo Decreto 7983/2013, que impõe regras e critérios para desenvolvimento do orçamento de referência de obras e serviços de engenharia, contratados e executados com recursos dos orçamentos da União, e pela Lei 13.303/2016, que dispõe sobre o estatuto jurídico da empresa pública, da sociedade de economia mista e de suas subsidiárias.

O SINAPI não é uma tabela que vincula a adoção de seus valores no desenvolvimento ou análise de orçamento de obras públicas, mas trata-se de uma referência caracterizada da devida forma, em documentação técnica, acessível ao público, possibilitando ao usuário realizar o uso consciente e adequado de suas informações (CAIXA, 2015).

3 METODOLOGIA

3.1 APRESENTAÇÃO – TIPO DO ESTUDO

O presente estudo teve por finalidade a pesquisa aplicada, uma vez que se esperou produzir um conhecimento que pudesse ser efetivamente aplicado a realidade, ajudando a alterar uma situação ou aspectos do objeto de estudo.

O processo metodológico teve abordagem quali-quantitativa, pois houve coleta de dados e apresentação estatística dos mesmos, de modo estruturado por meio de tabelas e gráficos que posteriormente passaram por uma análise subjetiva.

No que diz respeito aos objetivos, foi desenvolvida uma pesquisa exploratória - explicativa. Exploratória para a obtenção de familiaridade com o tema através de pesquisa bibliográfica e citações que facilitassem o entendimento do assunto, e explicativa tendo a preocupação de identificar os fatores que contribuem com a ocorrência de determinados fenômenos, podendo usufruir de métodos experimentais.

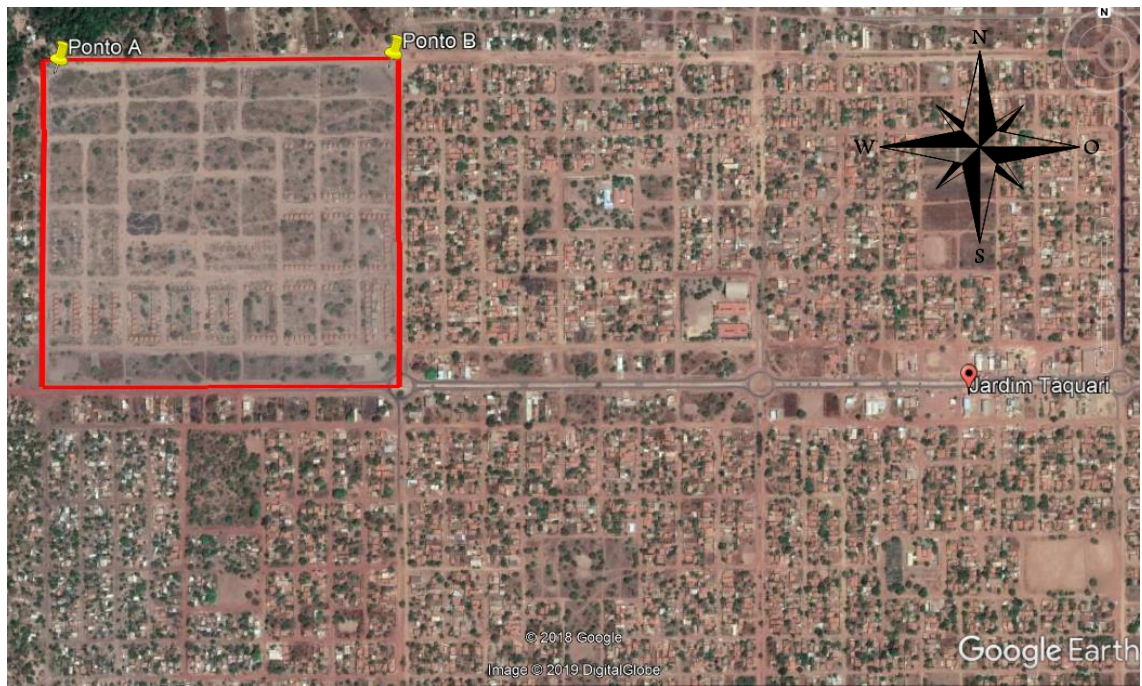
Quanto ao procedimento, a metodologia teve caráter de estudo de caso, onde não houve restrição apenas ao levantamento de informações teóricas, mas também de observações e experiências. O procedimento também foi caracterizado pela pesquisa experimental, ou empírica, na qual foram comparadas diferentes variáveis visando refutar hipóteses ou aprovar teorias.

3.2 OBJETO DE ESTUDO

Para o desenvolvimento desta pesquisa, a mesma teve como objeto de estudo a quadra T-23, uma das 12 quadras que compõem o Setor Jardim Taquari, na cidade de Palmas-TO. A área é destinada a implantação de Habitações de Interesse Social (HIS), onde está prevista a construção de cerca de 450 unidades habitacionais. Atualmente as obras estão paralisadas e não têm previsão de retomada.

A Figura 7, adiante, ilustra a área em estudo (T-23), a qual está delimitada pelo polígono de cor vermelha. Os pontos A e B, marcadores de cor amarela, delimitam a avenida de onde foram coletadas as amostras.

Figura 7 - Delimitação da Quadra T-23

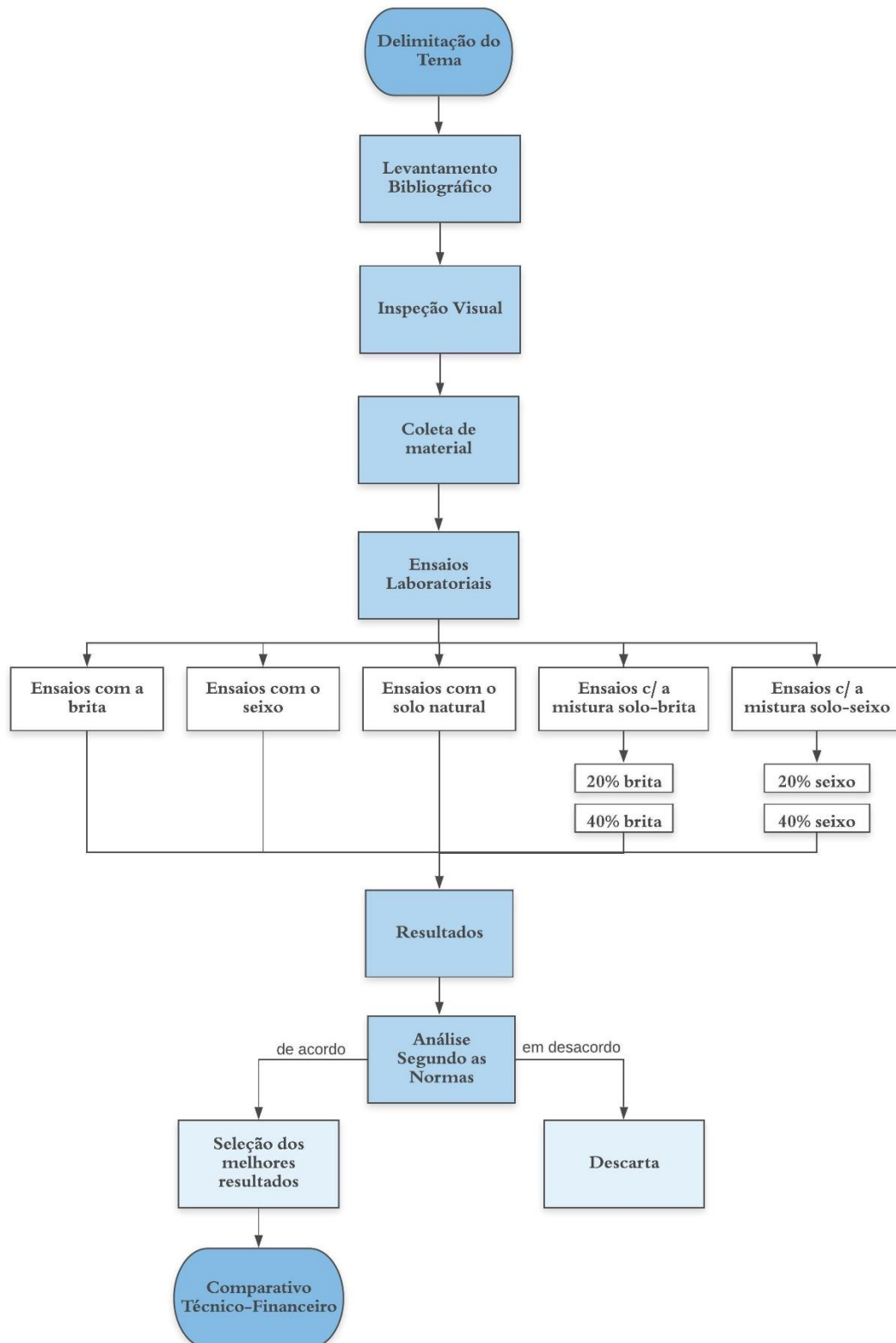


Fonte: *Google Earth*, adaptado pela autora (2019)

3.3 ETAPAS DO PROJETO

Para a realização do presente estudo, se fez necessário que uma série de etapas em campo e em laboratório, fossem seguidas. Tais etapas são ilustradas na Figura 8, adiante.

Figura 8 - Fluxograma com Etapas do Projeto



3.3.1 Levantamento Bibliográfico

Após a escolha e delimitação do tema, com o intuito de adquirir familiaridade com o mesmo, foi feito um levantamento bibliográfico onde foram consultadas pesquisas previamente feitas por alguns autores sobre a temática escolhida para ser desenvolvida.

Nessa etapa foram apresentados importantes conceitos, justificativas e características sobre o assunto abordado, além de alguns resultados de pesquisas realizadas com a mesma linha de raciocínio.

3.3.2 Inspeção Visual

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foi necessário que o objeto de estudo, de onde seriam coletadas as amostras de solo, fosse previamente conhecido.

Diante disso, foi realizada uma inspeção com o intuito de fazer esse reconhecimento e de analisar visualmente as condições superficiais da via em questão.

Durante a inspeção, foi verificada a sua condição de trafegabilidade e conforto ao usuário. No processo, algumas fotografias foram feitas, para a composição do trabalho.

3.3.3 Coleta de Material

Essa etapa consistiu na coleta de amostras deformadas de solo, por meio de processo manual, onde foram utilizadas algumas ferramentas como pá e picareta para a abertura das trincheiras de onde as mesmas foram retiradas. Foram coletados aproximadamente 80 kg de solo, os quais foram acondicionados em sacos plásticos e levados para serem ensaiados em laboratório. A Tabela 2, a seguir, demonstra a quantidade de material necessária para a execução dos ensaios, conforme o tipo de solo.

Tabela 2 - Quantidade de Material

Quant. de material necessária	Solo Natural	Solo-brita	Solo-seixo
LL + LP	0,1	---	---
Granulometria	1	1,4	1,4
Eq. de Areia	0,33	---	---
Compactação	5	35	35
Total	79,23 kg		

Fonte: Autora (2019)

O material foi coletado na Av. TLO 3, entre os pontos A e B, marcados na Figura 7, ilustrada previamente no Item 3.2.

3.3.4 Ensaios Laboratoriais

Para a realização dos ensaios, primeiramente fez-se a preparação das amostras. Essa etapa consistiu no processo de secar, destorroar, quartear, pesar e peneirar as amostras, para que no fim, fosse obtida uma quantidade suficiente, homogênea e representativa do solo em análise.

Todo esse procedimento é normatizado pelo DNER-ME 041:1994 Solos - Preparação de amostras para ensaios de caracterização e ABNT NBR 6457:2016 Amostras de solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização.

3.3.4.1 Ensaio com a Brita

Foi realizado o ensaio de abrasão “Los Angeles” para caracterização da brita. Este seguiu os passos e equipamentos prescritos pela norma DNER-ME 035:98.

3.3.4.2 Ensaio com o Seixo

Esta etapa, se assemelha à 3.3.4.1. O ensaio feito com a brita, foi o mesmo ao qual o seixo foi submetido. O ensaio de abrasão “Los Angeles” tomou por base a norma DNER-ME 035:98.

3.3.4.3 Ensaios com o Solo Natural

Para a caracterização do solo natural, foram efetuados alguns ensaios como granulometria, limite de liquidez, limite de plasticidade, compactação e CBR.

O ensaio de granulometria seguiu as prescrições do DNER-ME 080:94. Os ensaios de limite de liquidez (LL) e limite de plasticidade (LP), foram feitos de acordo com o DNER-ME 122:94 e DNER-ME 082:94, respectivamente.

O ensaio de compactação foi executado segundo a DNIT 164:2013-ME, enquanto o de CBR, segundo a norma DNER-ME 049:94.

3.3.4.4 Determinação de Teores

Para o desenvolvimento dos ensaios, a princípio foram consideradas cinco situações, o solo in natura, solo com acréscimo de 20% e 40% de brita e solo com acréscimo das mesmas proporções de seixo. A incorporação dos diferentes teores, permitiu avaliação da influência dos agregados no ganho de resistência mecânica.

Os teores previamente considerados foram determinados conforme análise bibliográfica, onde verificou-se uma faixa de teores que comumente eram utilizados no desenvolvimento de pesquisas. Os agregados usados são britados no tamanho brita 1.

3.3.4.5 Ensaio com a Mistura Solo-Brita

Levando em consideração o peso seco das amostras, foram adicionadas as porcentagens de 20% e 40% de brita ao solo. Para cada uma das misturas, foram realizados os ensaios de granulometria, compactação e CBR que foram amparados pelas normas DNER-ME 080:94, DNIT 164:2013-ME e DNER-ME 049:94, respectivamente.

3.3.4.6 Ensaio com a Mistura Solo-Seixo

Essa etapa seguiu o mesmo roteiro da mistura solo-brita. As proporções usadas nas misturas também foram de 20% e 40% de seixo, em relação ao peso seco do material.

Os ensaios realizados foram de granulometria, compactação e CBR, conforme as normas DNER-ME 080:94, DNIT 164:2013-ME e DNER-ME 049:94, respectivamente.

3.3.5 Análise dos Resultados Segundo as Normas

A norma DNIT 141:2010 – ES, estabelece a sistemática a ser empregada na execução e controle da qualidade da camada de base, quando utilizados solos estabilizados granulometricamente. Tomando-a como base, foi realizada a verificação da conformidade dos resultados obtidos em cada ensaio.

A norma, previamente citada, determina alguns parâmetros a serem seguidos, tais como:

- Análise granulométrica: os materiais devem apresentar composição granulométrica que satisfaça a uma das faixas da Tabela 3, a seguir, considerando o Número N.

Tabela 3 - Granulometria do Material

Tipos	Para N > 5 X 10 ⁶				Para N < 5 X 10 ⁶		Tolerâncias da faixa de projeto
	A	B	C	D	E	F	
	% em peso passando						
2"	100	100	-	-	-	-	± 7
1"	-	75-90	100	100	100	100	± 7
3/8"	30-65	40-75	50-85	60-100	-	-	± 7
N° 4	25-55	30-60	35-65	50-85	55-100	10-100	± 5
N° 10	15-40	20-45	25-50	40-70	40-100	55-100	± 5
N° 40	8-20	15-30	15-30	25-45	20-50	30-70	± 2
N° 200	2-8	5-15	5-15	10-25	6-20	8-25	± 2

Fonte: DNIT (2010)

Vale ressaltar, que o Número N considerado neste trabalho foi de $N < 5 \times 10^6$, por se tratar do estudo de vias coletoras e locais com um fluxo considerável, mas não alto.

- Limites de Atterberg: o limite de liquidez deverá ser menor ou igual a 25% e o índice de plasticidade menor ou igual a 6%;

- O percentual passante na peneira n° 200 não poderá ultrapassar 2/3 do percentual que passa na peneira n° 40;

- Expansão e CBR ou ISC: Expansão $\leq 0,5\%$, CBR $\geq 60\%$ para Número N $\leq 5 \times 10^6$, ou CBR $\geq 80\%$ para Número N $> 5 \times 10^6$;

- Abrasão Los Angeles: os agregados não devem apresentar desgaste maior do que 55%, salvo em casos de em utilização anterior, terem apresentado bom desempenho.

3.3.6 Seleção dos Melhores Resultados

Após a verificação se os valores condiziam com o que o DNIT 141:10 ES prescreve, o melhor resultado de cada uma das misturas foi destacado, com o intuito de compará-los entre si.

3.3.7 Comparativo Técnico Financeiro

Selecionados os melhores resultados, conforme dito no item 3.3.6, foram elaboradas composições de custo para cada um deles, afim de compará-las e verificar qual obtém maior custo-benefício.

Vale ressaltar que o foco desta etapa do trabalho, esteve em levantar e comparar os custos referentes ao que diz respeito somente a estabilização da base, logo, serviços de terraplenagem, projetos de sinalização viária, drenagem etc., foram aqui desconsiderados.

O comparativo de custos foi feito com o auxílio do software Excel e teve base nos dados do SICRO com data base de Abril - 2019, e cotação a mercado. A apresentação dos dados, deu-se por intermédio de tabelas e/ou gráficos, para uma melhor visualização.

Ressalta-se também, que o orçamento se restringiu ao trecho da Av. TLO 3, situado entre os pontos A e B, marcados na Figura 7, do Item 3.2, que possui cerca de 690 m de extensão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 INSPEÇÃO VISUAL

Durante a inspeção, verificou-se que a via se apresenta em péssimo estado, contando com a presença de inúmeras voçorocas, provenientes de um processo erosivo e que a mesma não dispõe de boa condição de trafegabilidade e conforto ao usuário. No processo, algumas fotografias foram feitas, para a composição do trabalho, tal como a Figura 9, a seguir, que ilustra parte da via analisada.

Figura 9 - Avenida TLO-3



Fonte: Autora (2019)

4.2 COLETA DO MATERIAL

Após o reconhecimento do local definido como objeto de estudo, foi feita a coleta de amostras deformadas de solo para a devida análise laboratorial. Com auxílio de algumas ferramentas como pá e picareta, abriram-se trincheiras no solo natural, de onde foram coletadas as amostras, estas foram acondicionadas em sacos e levadas a laboratório. A seguir, pode-se visualizar através da Figura 10, a abertura feita no solo para a coleta do material e as ferramentas que foram usadas para sua execução.

Figura 10 - Pá e picareta utilizadas para a coleta de material



Fonte: Autora (2019)

4.3 ENSAIOS LABORATORIAIS

Para serem efetivamente ensaiadas, as amostras passaram por um processo de preparação. Entre os passos para a realização dessa etapa, está o processo de secagem prévia até a umidade higroscópica. Este foi feito ao ar livre e pode ser melhor visualizado através da Figura 11, adiante.

Figura 11 - Processo de Secagem Prévia ao Ar Livre



Fonte: Autora (2019)

Após serem devidamente secos, destorroados e quarteados, as amostras de solo passaram pelo processo de separação e pesagem de amostras necessárias para a execução de

cada ensaio. Essa separação foi feita em sacos plásticos devidamente vedados e identificados, tal como se pode observar na Figura 12, abaixo.

Figura 12 - Separação de Amostras



Fonte: Autora (2019)

4.3.1 Ensaios com a Brita

Submetida ao ensaio de Abrasão Los Angeles, orientado pela norma DNER-ME 035/98, a brita apresentou um desgaste de 27,11%. Visto que o limite estabelecido pelo DNIT é de 50%, a brita granítica se adequa ao que é solicitado.

O resumo dos resultados do ensaio é apresentado a seguir, na Tabela 3, e de forma detalhada, no Apêndice A1.

Tabela 4 - Ensaio de Abrasão Los Angeles (Brita)

AMOSTRA				CARGA ABRASIVA	
FAIXA	PENEIRA		QUANT. (g)	TOTAL (g)	Nº DE ESFERAS
	PASSANTE (mm)	RETIDO (MM)			
B	19	12,5	2500	5000	11 = 4584g
	12,5	9,5	2500		
RESULTADO					
PESO INICIAL (g)		5000,00	DESGASTE (%)		SITUAÇÃO
PESO RETIDO NA # 1,7mm		3.644,30	OBTIDO	27,11	APROVADO
PESO PASSANTE NA # 1,7mm		1.355,70	ADMISSÍVEL	< 50	

Fonte: Autora (2019)

4.3.2 Ensaios com o Seixo

Assim como a brita granítica, o seixo britado também foi submetido ao ensaio de Abrasão Los Angeles. Apresentando um desgaste de 38,88%, o agregado também ficou dentro dos limites estabelecidos por norma.

A seguir, no Tabela 4, pode-se visualizar os resultados obtidos no ensaio. Tais resultados também são expressos, de forma mais detalhada, no Apêndice A2.

Tabela 5 - Ensaio de Abrasão Los Angeles (Seixo)

AMOSTRA				CARGA ABRASIVA	
FAIXA	PENEIRA		QUANT. (g)	TOTAL (g)	Nº DE ESFERAS
	PASSANTE (mm)	RETIDO (MM)			
B	19	12,5	2500	5000	11 = 4584g
	12,5	9,5	2500		
RESULTADO					
PESO INICIAL (g)		5000,00	DESGASTE (%)		SITUAÇÃO
PESO RETIDO NA # 1,7mm		3.055,90	OBTIDO	38,88	
PESO PASSANTE NA # 1,7mm		1.944,10	ADMISSÍVEL	< 50	

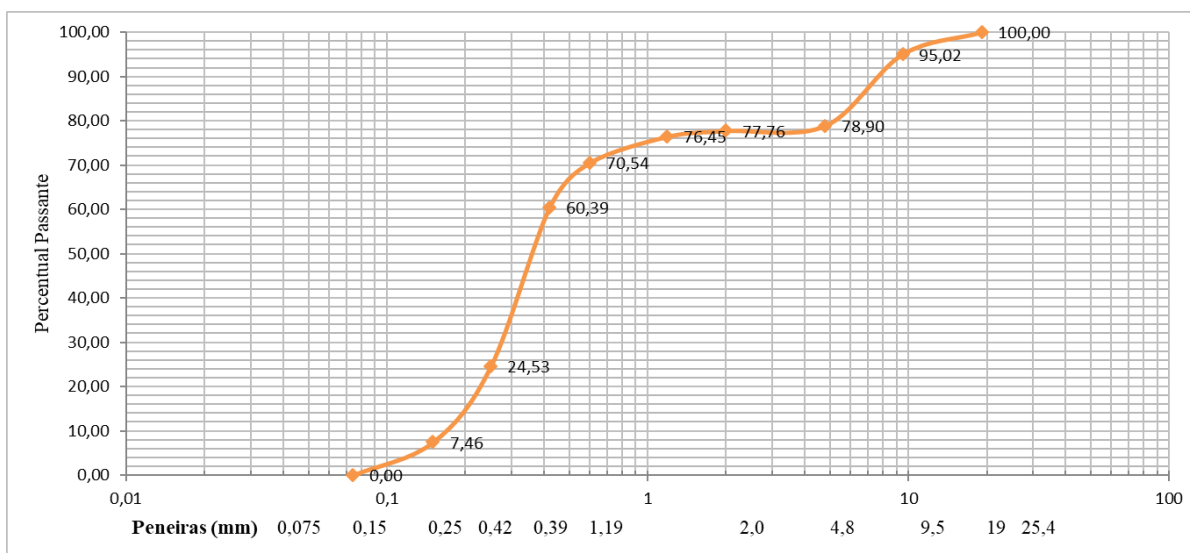
Fonte: Autora (2019)

4.3.3 Ensaio com o Solo Natural

4.3.3.1 Análise Granulométrica

O primeiro ensaio a ser realizado com o solo natural foi o de granulometria por peneiramento. Este seguiu as orientações da norma do DNER-ME 080:94 e obteve resultados que são expressos no Apêndice B1 e na Figura 13, a seguir.

Figura 13 - Curva Granulométrica do Solo Natural



Fonte: Autora (2019)

Ao analisar a curva granulométrica gerada por base nos resultados obtidos, nota-se que se trata de um material arenoso com granulometria descontínua. Segundo a classificação do DNIT, o solo se enquadra na Faixa F.

A seguir, na Figura 14, pode-se visualizar a série de peneiras que foram usadas para execução do ensaio, bem como a quantidade de material retido nas mesmas.

Figura 14 - Série de Peneiras após Ensaio de Granulometria



Fonte: Autora (2019)

4.3.3.2 Limites de Atterberg

Após a realização da análise granulométrica, passou-se para a execução dos ensaios de limite de liquidez (LL) e limite de plasticidade (LP), em conformidade com o DNER-ME 122:94 e DNER-ME 082:94, respectivamente. O solo apresentou um limite de liquidez de 20% e por se tratar de um material extremamente arenoso, não obteve plasticidade. Tais resultados podem ser visualizados no Apêndice C1.

A Figura 15, a seguir, ilustra parte da execução do ensaio de Limite de Liquidez.

Figura 15 - Ensaio de Limite de Liquidez



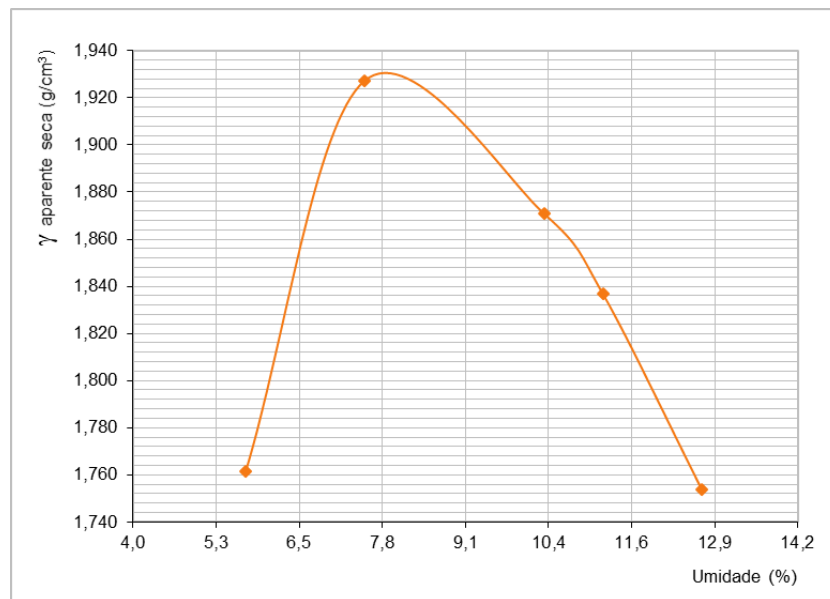
Fonte: Autora (2019)

Diante dos resultados expostos, constatou-se que o solo, de acordo com o sistema de classificação TRB/AASHTO, se enquadrava no grupo A-3, ou seja, é constituído predominantemente por areia fina e seu uso como subleito vai de excelente a bom.

4.3.3.3 Compactação

O ensaio de compactação foi executado conforme o DNIT 164:2013-ME, e resultou em uma densidade aparente seca máxima de $1,93 \text{ g/cm}^3$ e umidade ótima de 7,5%. A energia de compactação usada, tanto para este tipo de solo, quanto para todos os demais, foi a Proctor Modificado, onde aplicaram-se 55 golpes em cada uma das 5 camadas que constituíram os corpos de prova. Com os resultados obtidos através do ensaio, foi gerada a curva que pode ser visualizada adiante, na Figura 16.

Figura 16 - Compactação do Solo Natural



Fonte: Autora (2019)

Os dados que serviram de base para a elaboração da curva ilustrada podem ser visualizados no Apêndice D1.

4.3.3.4 CBR (ISC) e Expansão

Para o solo natural, o resultado do CBR foi de apenas 40,9%, o que o impossibilitaria de ser usado como base, visto que para um Número $N \leq 5 \times 10^6$ o CBR deve ser $\geq 60\%$. Quanto a expansão, foi obtido um valor de 0,22%, ficando abaixo do limite máximo

estabelecido por norma, de 0,5%. Os dados que embasaram tais resultados podem ser vistos no Apêndice E1.

A Figura 17, adiante, ilustra a penetração do pistão no solo.

Figura 17 - Ensaio de CBR (ISC)



Fonte: Autora (2019)

4.3.4 Ensaios com a Mistura Solo-Brita

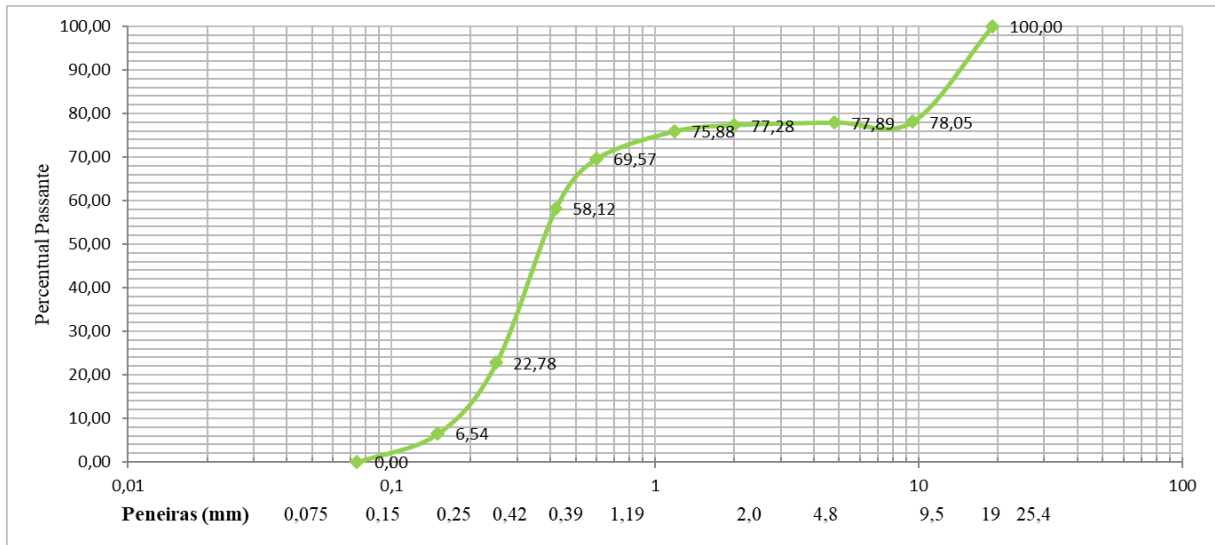
4.3.4.1 20% de Brita

4.3.4.1.1 Análise Granulométrica

Embasado na norma DNER-ME 080:94, o ensaio de granulometria por peneiramento da mistura Solo-Brita com adição de 20% do agregado, obteve resultados que geraram a curva que pode ser visualizada na Figura 18, adiante.

Os resultados mostram uma granulometria descontínua que se enquadra na Faixa F, ficando em acordo ao exigido pela norma.

Figura 18 - Curva Granulométrica da Mistura Solo-Brita a 20%



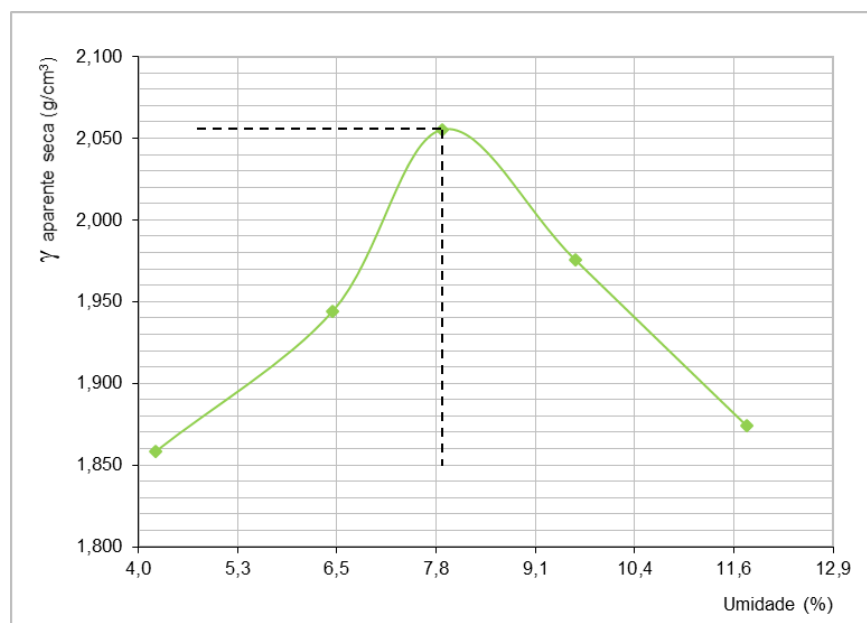
Fonte: Autora (2019)

Os dados que foram usados como base para a elaboração da curva anterior são expressos no Apêndice B2.

4.3.4.1.2 Compactação

No ensaio de compactação, foi obtida uma densidade aparente seca máxima de 2,06 g/cm³ e umidade ótima de 7,9%. A Figura 19, a seguir, ilustra a curva de compactação que correlaciona teores de umidade e densidades aparentes secas. Tais resultados são expressos de forma completa no Apêndice D2.

Figura 19 - Compactação da Mistura Solo-Brita a 20%



Fonte: Autora (2019)

4.3.4.1.3 CBR (ISC) e Expansão

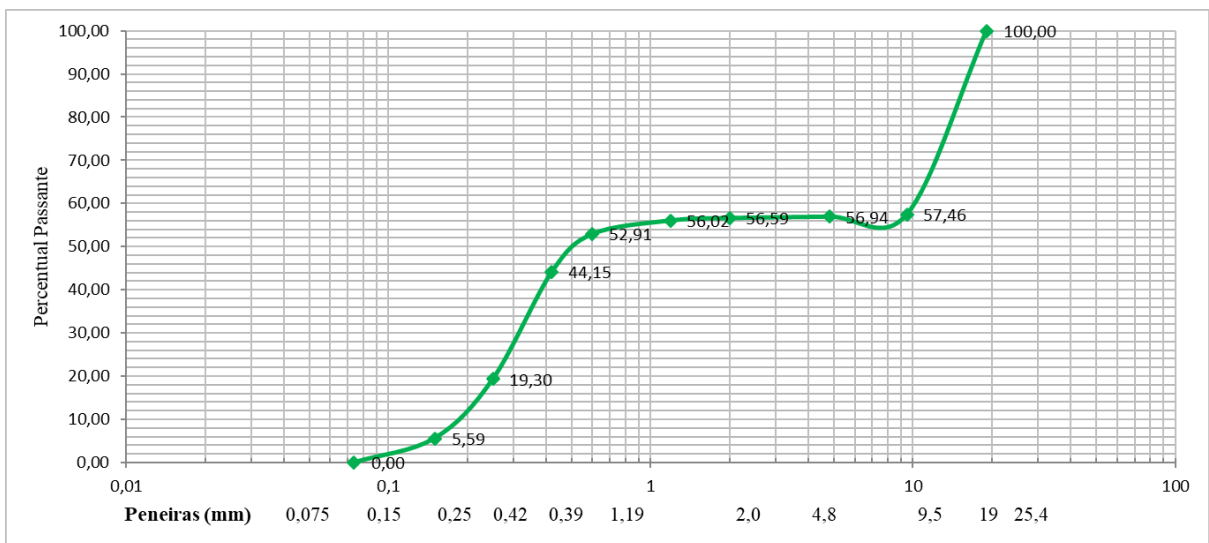
O ensaio de CBR, alcançou um valor de 111,9%, o tornando apto ao uso como camada de base, visto que o valor é bem superior aos 60%. A expansão foi de 0,18%, ficando dentro dos padrões exigidos por norma. Os resultados deste ensaio podem ser visualizados detalhadamente no Apêndice E2.

4.3.4.2 40% de Brita

4.3.4.2.1 Análise Granulométrica

Quanto a granulometria, o solo com a adição de 40% de brita, ficou em conformidade com o que solicita a norma, pois este apresentou uma distribuição granulométrica que o enquadrou na Faixa E. Tal distribuição é representada a seguir, na Figura 20, que ilustra a curva gerada com base nos dados apresentados no Apêndice B3.

Figura 20 - Curva Granulométrica da Mistura Solo-Brita a 40%

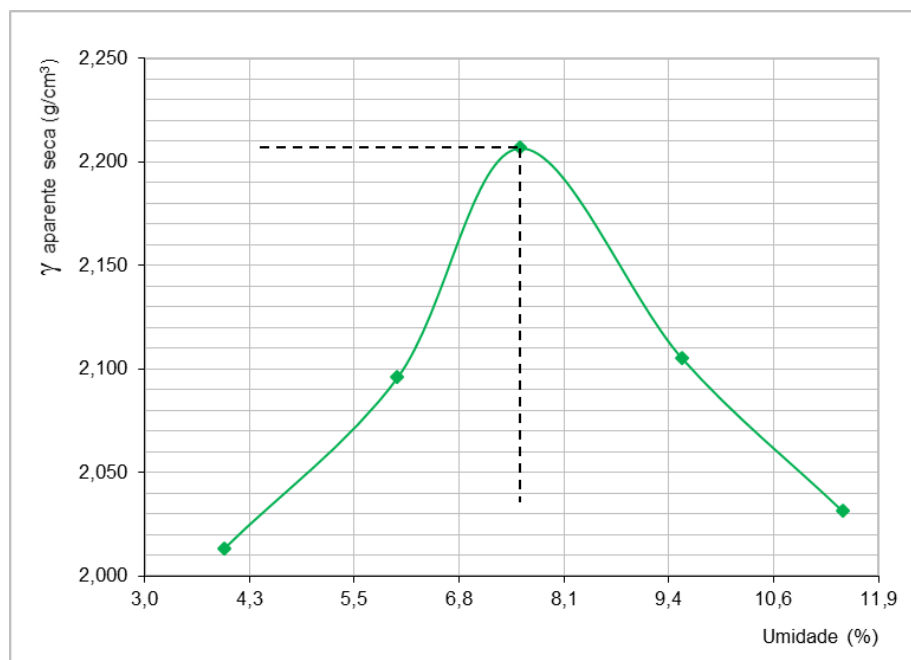


Fonte: Autora (2019)

4.3.4.2.2 Compactação

Como pode ser visualizado na Figura 21, a seguir, e no Apêndice D3, no ensaio de compactação a densidade aparente seca máxima atingiu um valor de 2,21g/cm³ e umidade ótima de 7,6%.

Figura 21 - Compactação da Mistura Solo-Brita a 40%



Fonte: Autora (2019)

4.3.4.2.3 CBR (ISC) e Expansão

Para esse tipo de solo, o CBR chegou ao valor de 159,5%, bem acima do mínimo de 60%. A expansão também ficou em acordo com a norma, com o valor de 0,18%. Tais resultados são expressos no Apêndice E3.

4.3.5 Ensaio com a Mistura Solo-Seixo

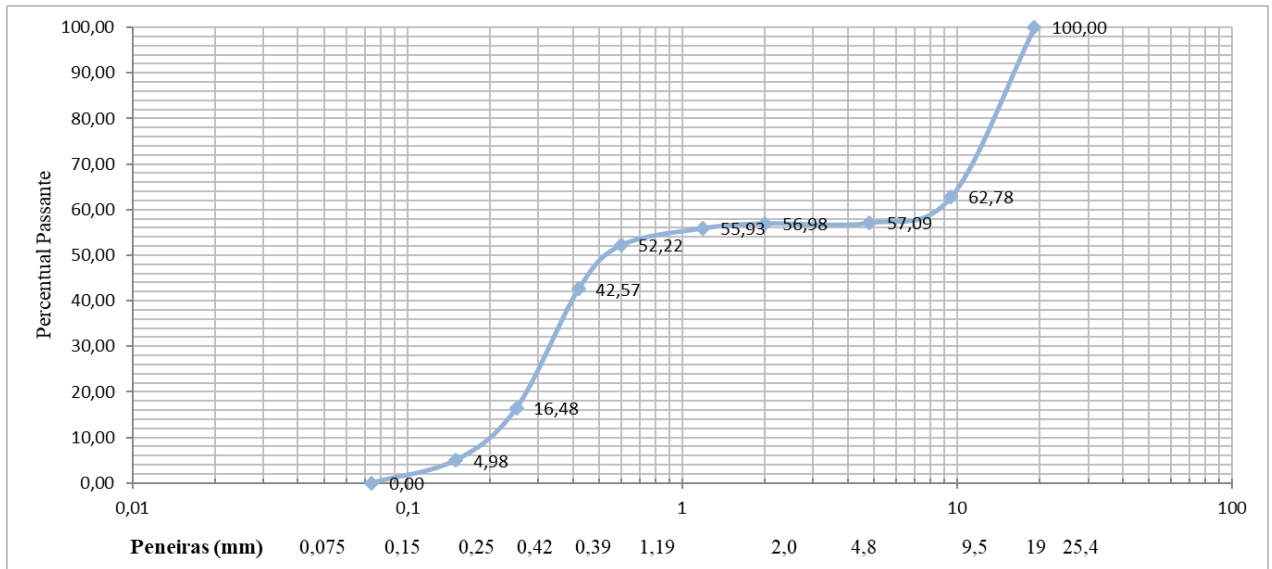
4.3.5.1 20% de Seixo

4.3.5.1.1 Análise Granulométrica

As misturas solo-seixo seguiram o mesmo roteiro de ensaio ao qual as misturas solo-brita foram submetidas. O primeiro a ser realizado foi o ensaio de granulometria, que utilizou o método do peneiramento e resultou na curva granulométrica representada na Figura 22. Os dados que geraram tal curva, são apresentados no Apêndice B4.

No que diz respeito a granulometria, este tipo de solo se enquadra nos parâmetros exigidos por norma, visto que foi classificado com Faixa F.

Figura 22 - Curva Granulométrica da Mistura Solo-Seixo a 20%

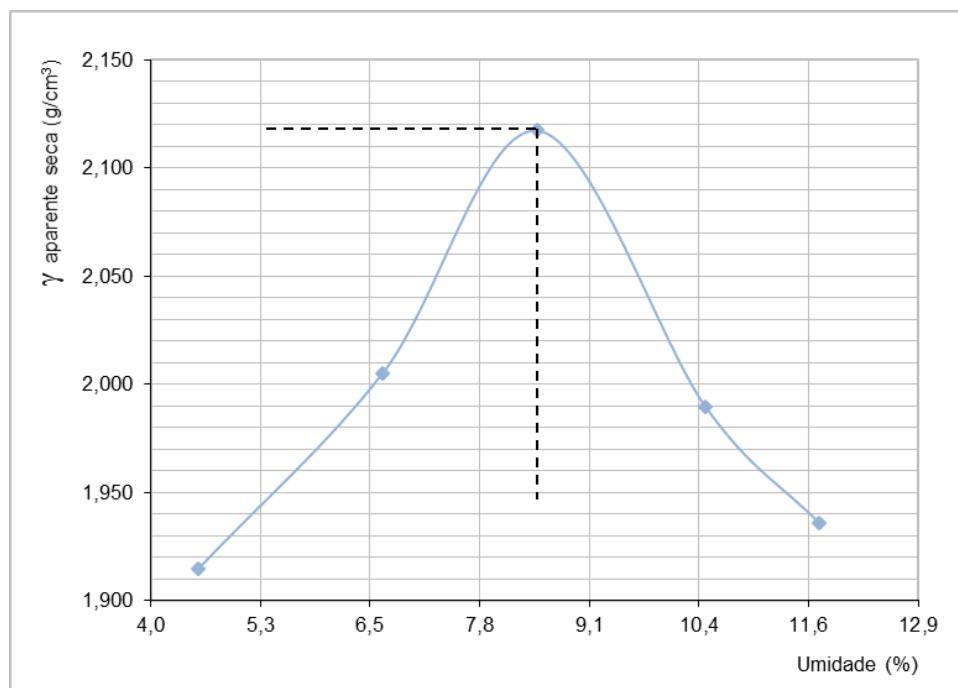


Fonte: Autora (2019)

4.3.5.1.2 Compactação

Os resultados encontrados através do ensaio de compactação estão situados no Apêndice D4 e serviram de base para a confecção da curva a seguir, onde pode-se observar o valor da densidade aparente seca máxima de $2,12\text{g/cm}^3$ e da umidade de 8,5%.

Figura 23 - Compactação da Mistura Solo-Seixo a 20%



Fonte: Autora (2019)

4.3.5.1.3 CBR (ISC) e Expansão

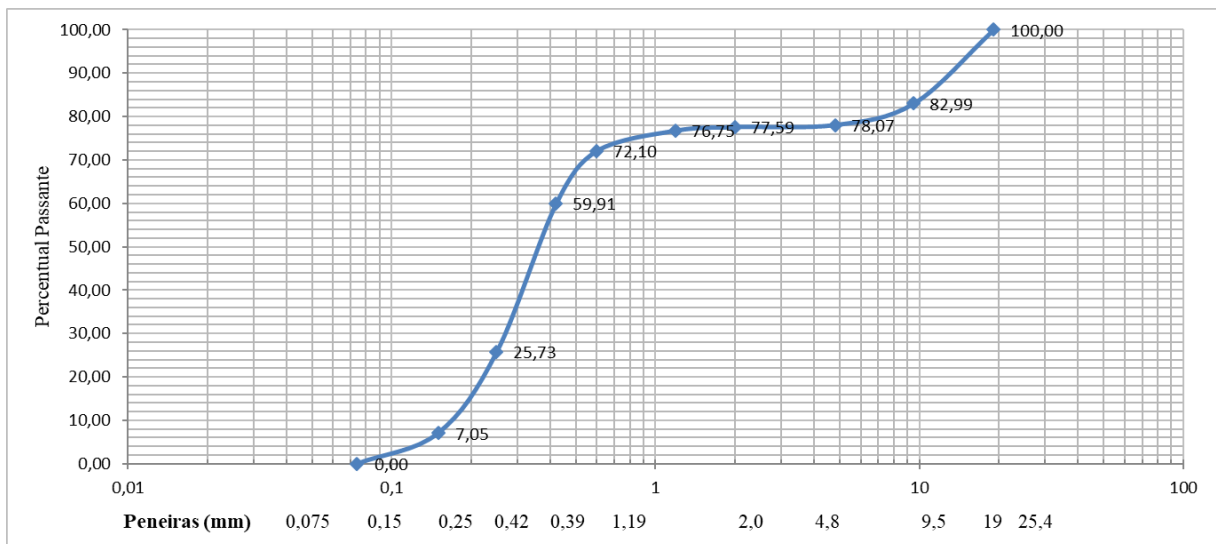
Ficando em conformidade com a norma, esse tipo de solo obteve um valor de CBR de 83,1% e de expansão de 0,13%. Estes dados podem ser analisados de forma mais detalhada através do Apêndice E4.

4.3.5.2 40% de Seixo

4.3.5.2.1 Análise Granulométrica

Quanto a distribuição granulométrica, a mistura solo-seixo a 40% apresentou resultados que satisfizeram as condições prescritas por norma, sendo enquadrado na Faixa F. Estes resultados são vistos de forma mais detalha no Apêndice B5 e na Figura 24, que ilustra a curva granulométrica gerada tendo-os como base.

Figura 24 - Curva Granulométrica da Mistura Solo-Seixo a 40%

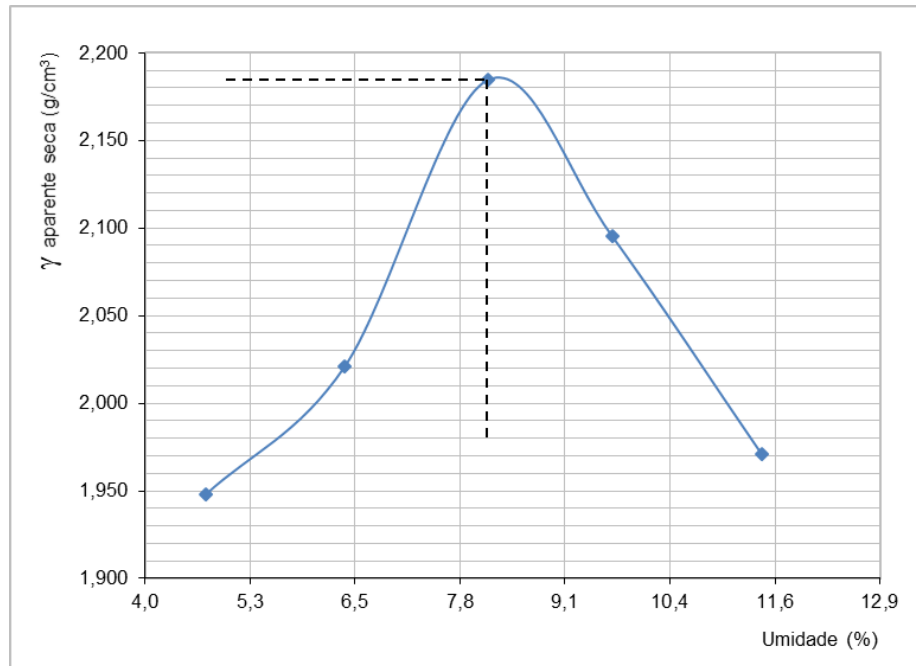


Fonte: Autora (2019)

4.3.5.2.2 Compactação

Densidade aparente seca máxima de 2,18g/cm³ e umidade ótima de 8,2%, foram os resultados obtidos por meio do ensaio de compactação. Este ensaio tem dados detalhados no Apêndice D5 e gerou a curva que pode ser vista adiante, na Figura 25.

Figura 25 - Compactação da Mistura Solo-Seixo a 40%



Fonte: Autora (2019)

4.3.5.2.3 CBR (ISC) e Expansão

Após a realização da compactação, foi feito o ensaio de CBR o qual conferiu ao solo um índice de 125,9%. Uma vez que o mínimo exigido por norma, para o Número $N \leq 5 \times 10^6$ é de 60%, o solo está apto para o uso como camada de base. Quanto a expansão, o limite normativo de 0,5% também foi obedecido, visto que o valor obtido para o material foi de 0,18%.

Os dados usados para o cálculo do CBR e da expansão estão expressos no Apêndice E5.

4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS SEGUNDO AS NORMAS

Analisando os resultados obtidos em cada ensaio, pôde-se notar que todas as misturas obtiveram valores satisfatórios e que estiveram dentro dos parâmetros exigidos pela norma DNIT 141:10 ES:

- Análise granulométrica: considerando o Número $N < 5 \times 10^6$, todas as misturas apresentaram uma composição granulométrica que satisfaz a uma das faixas exigidas pelo DNIT. Os solos em que foram incorporados 20% de brita, 20% de seixo e 40% de seixo, foram classificados como Faixa F, já ao que foi adicionado 40% de brita, deu-se a classificação de Faixa E;

- Limites de Atterberg: o solo obteve um LL = 20% e um IP = 0, ficando em conformidade com a norma, a qual prescreve que o limite de liquidez deve ser menor ou igual a 25% e o IP \leq 6%;

- Para todas as misturas, o percentual passante na peneira n° 200 não ultrapassou 2/3 do percentual que passa na peneira n° 40;

- Expansão e CBR (ISC): para $N \leq 5 \times 10^6$, todas as misturas obtiveram resultados de CBR acima dos 60% solicitados pela norma e expansões inferiores ao limite de 0,5%;

- Abrasão Los Angeles: a brita obteve um desgaste de 27,11% e o seixo 38,88%. Como ambos os valores não ultrapassaram o limite de 55%, os agregados atenderam a exigência normativa.

A Tabela 6, a seguir, apresenta de forma resumida, os resultados para os ensaios de compactação, CBR e as faixas granulométricas de cada tipo de solo.

Tabela 6 - Resumo Compactação, CBR e Faixas Granulométricas

Solo	Faixa DNIT	Compactação		CBR	
		Dens. Seca Máxima (g/cm ³)	Umidade Ótima (%)	CBR (%)	Expansão (%)
Solo Natural	F	1,93	7,5	40,9	0,22
20% Brita	F	2,06	7,9	111,9	0,18
40% Brita	E	2,21	7,6	159,5	0,18
20% Seixo	F	2,12	8,5	83,1	0,13
40% Seixo	F	2,18	8,2	125,9	0,18

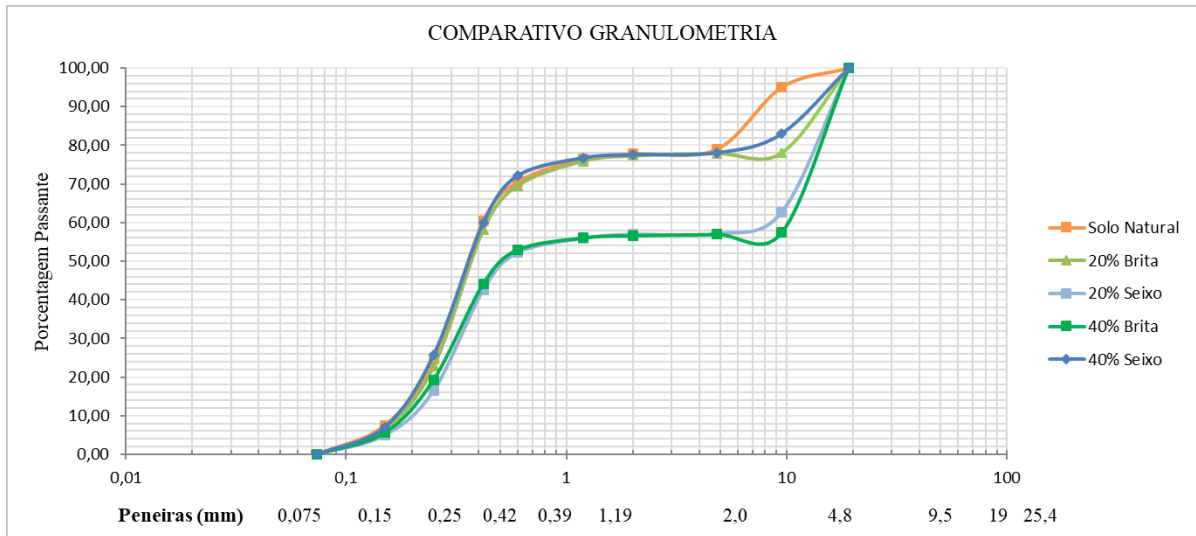
Fonte: Autora (2019)

4.5 COMPARATIVO ENTRE MISTURAS

4.5.1 Análise Granulométrica

A curva granulométrica do solo natural e de todas as misturas solo-brita e solo-seixo são apresentadas na Figura 26. Os valores para a mistura de 20% de seixo, 20% de brita e 40% de seixo, se enquadraram na faixa “F” da tabela de granulometria para base granular, enquanto a mistura de 40% de brita enquadrou-se na faixa “E”. Uma vez que o manual de pavimentação do DNIT (2006) exige que para $N \leq 5 \times 10^6$, a mistura deve se enquadrar em uma das seis faixas A, B, C, D, E ou F, constatou-se que todas as misturas obedecem ao especificado pelo manual.

Figura 26 - Comparativo Granulometria

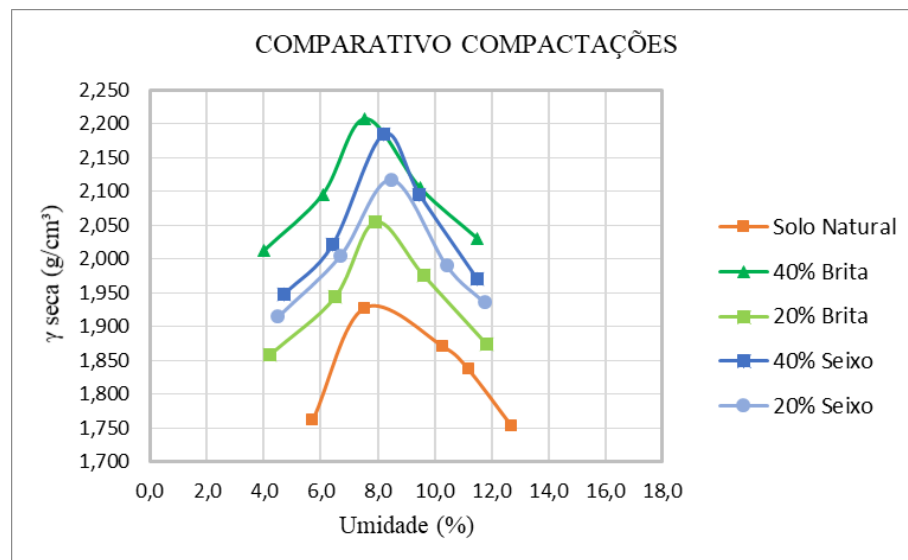


Fonte: Autora (2019)

4.5.2 Compactação

Tendo como base os resultados obtidos no ensaio de compactação, foi elaborado um gráfico que relaciona as curvas geradas para todos os tipos de solo analisados. O resultado pode ser visto na Figura 27, logo a seguir.

Figura 27 - Comparativo Curva de Compactação



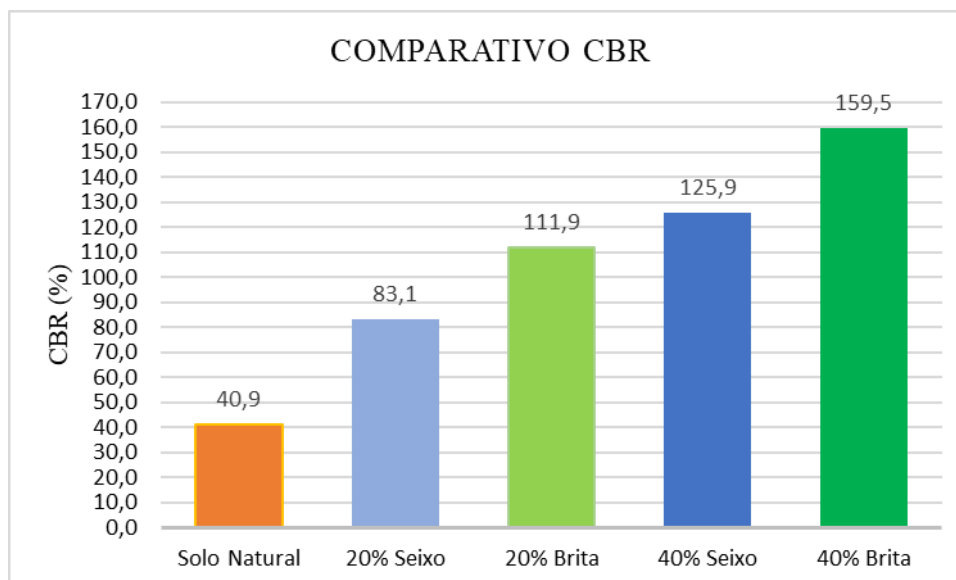
Fonte: Autora (2019)

4.5.3 CBR

Em média, os valores de CBR das misturas solo-brita são, aproximadamente, 32% maiores do que os valores da mistura solo-seixo. Para a adição de 20% de agregado, a mistura

solo-brita é cerca de 29% maior, enquanto para 40% de agregado a diferença entre as misturas é de aproximadamente de 34%. Para uma melhor visualização do ganho de resistência a cada percentual de adição de agregado, elaborou-se o gráfico comparativo ilustrado na Figura 28.

Figura 28 - Comparativo CBR



Fonte: Autora (2019)

4.6 COMPARATIVO ENTRE PESQUISAS

Júnior, Araújo e Ayres (2018), através da adição de 20%, 30% e 40% de brita e das mesmas proporções de seixo rolado, fizeram a estabilização de um solo de Fortaleza – CE. Conforme os autores, o solo, segundo a classificação TRB/AASHTO, se enquadrava na classificação A-2-4, se tratando assim de uma areia ou pedregulho siltoso. Em contrapartida, o solo aqui estudado, foi classificado como A-3, constituído predominantemente por areia fina.

Quanto a capacidade de suporte do solo, quando submetido ao ensaio de CBR, o solo natural estudado pelos autores, apresentou um resultado de 72,1%. Já o solo analisado neste estudo, apresentou um CBR de apenas 40,9%.

Quando incorporados os teores de 20% e 40% de seixo ao solo de Fortaleza, foram obtidos CBR de 98,6% e 141,9%, respectivamente. Nesta pesquisa, com a adição dos mesmos teores, foram obtidos os valores de 83,1% e 125,9%.

Adicionando 20% e 40% de brita ao solo analisado pelos autores, obtiveram-se resultados de CBR de 164,3% e 221,4%, nesta ordem. Para o solo aqui em questão, incorporando os mesmos teores, obtiveram-se os valores de 111,9% e 159,5%.

Fazendo um resumo comparativo entre as pesquisas, para os solos com adição de seixo, os valores de CBR obtidos pelos autores, foram em média 16% superiores aos valores encontrados para o solo em questão nessa pesquisa. Para as misturas solo-brita, estes valores foram aproximadamente 57% superiores.

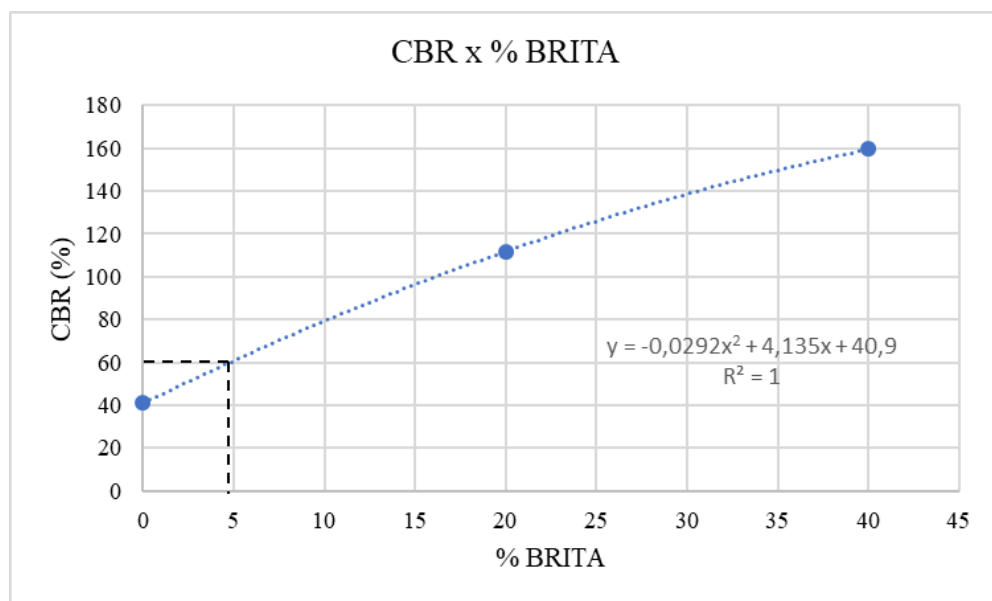
Tal discrepância entre resultados, podem ser explicadas devido a diferença entre os tipos de solos e agregados usados. O solo de Fortaleza, em seu estado natural já apresentava uma resistência alta. Além disso, tanto a composição granulométrica do solo, quanto a dos agregados usados, eram mais favoráveis do que o solo analisado neste estudo.

4.7 DETERMINAÇÃO DE TEORES IDEAIS

Uma vez que com a adição de 20 e 40% de agregado, o solo apresentou resultados muito superiores ao mínimo especificado por norma, fez-se necessário estimar qual o percentual de agregado forneceria ao solo o CBR desejado de 60%. Essa estimativa se fez necessária, para que se obtivesse uma mistura técnica e economicamente viável para a estabilização do solo em estudo.

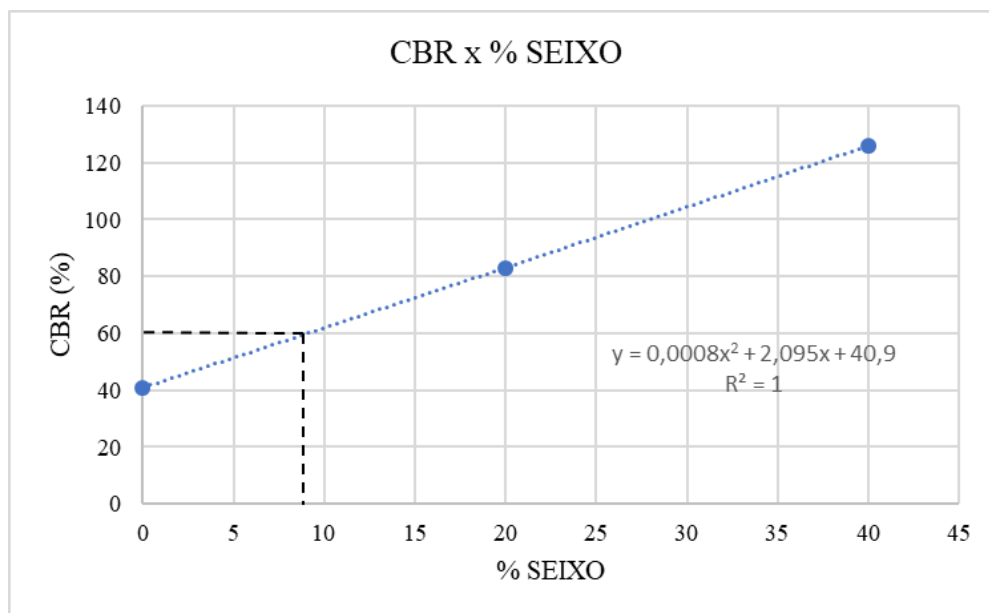
A estimativa foi feita tendo como base os resultados obtidos com o solo natural e as adições de 20% e 40% de agregado. Com tais resultados, considerando a brita e o seixo, foram gerados gráficos que relacionam o CBR e o percentual de agregado. Esses gráficos podem ser observados na Figura 29 e Figura 30, a seguir.

Figura 29 - Curva CBR x % de agregado



Fonte: Autora (2019)

Figura 30 - Curva CBR x % de agregado



Fonte: Autora (2019)

Como pôde ser visto, cada uma das curvas visualizadas anteriormente, gerou uma equação que correlaciona o CBR e o teor de agregado usado. Assim, através dessas equações, pôde-se estimar quais os teores ideais de agregado a serem usados nas misturas, para alcançar o CBR de 60%.

Com base no que foi dito anteriormente, para que o CBR mínimo estabelecido fosse atingido, estima-se que seria necessário que fossem incorporados ao solo, apenas 4,8% de brita. No caso do seixo, seria necessário um teor de 9,1%.

4.8 ORÇAMENTO

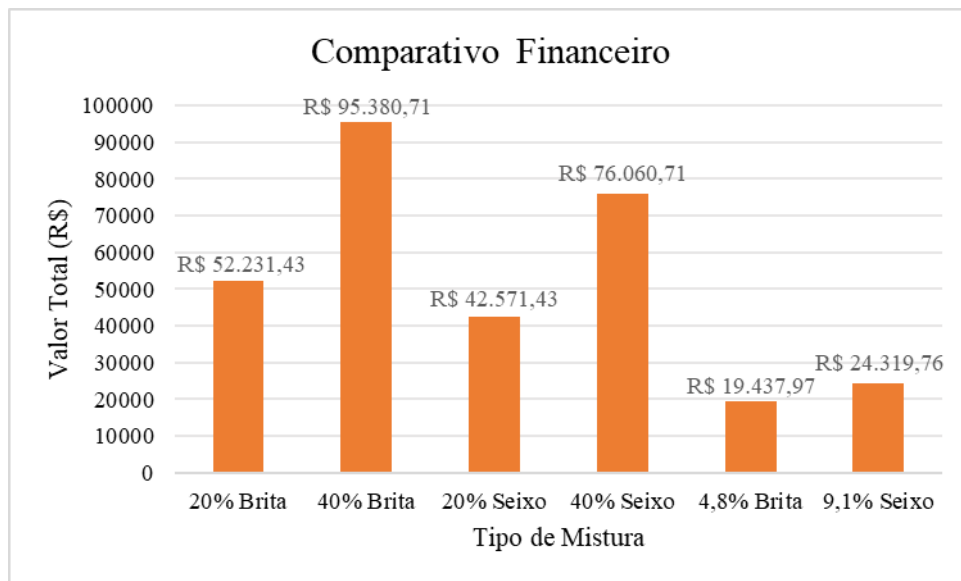
Com o uso do software excel e tendo como base dados do SICRO e de cotações feitas a mercado, foi elaborada uma planilha com o intuito de definir o custo relativo a cada tipo de mistura analisada. Tal combinação se fez necessária diante do fato de que nos bancos de dados SICRO e SINAPI, não haviam composições que coincidissem plenamente com o tipo de serviço aqui estudado.

Como resultado da composição, o valor de metro cúbico da mistura solo-brita a 20%, ficou orçado em R\$27,03, enquanto a mistura solo-seixo, com o mesmo teor, em R\$22,03. Custando R\$49,37, o m³ da mistura solo-brita a 40% é R\$10,00 mais caro do que a mistura solo-seixo com adição do mesmo percentual de agregado. Já o m³ dos solos com a incorporação de 4,8% de brita e 9,1% de seixo, custam R\$10,06 e R\$12,59, respectivamente.

Conhecidos os valores referentes ao metro cúbico de cada mistura, fez-se então, uma estimativa de custo que se restringiu a um trecho da Avenida TLO-03, o qual contém 690m de extensão. A via orçada possui mão-dupla, com quatro faixas, que totalizam uma largura de 14m. Para efeito de cálculo, considerou-se uma camada de 0,2m de espessura.

O resultado do orçamento feito para o trecho pode ser visto de forma detalhada no Apêndice F, e de forma resumida, na Figura 31, a seguir.

Figura 31 - Comparativo Financeiro



Fonte: Autora (2019)

Como pôde ser visto através da figura anterior, a mistura solo-brita a 20%, é R\$9.660,00 mais cara do que a mistura solo-seixo com o mesmo percentual de adição. Já a diferença entre o solo com adição de 40% de brita e o solo com o mesmo teor de seixo, é de R\$19.320,00.

O valor do m³ do seixo britado, é cerca de 18,5% mais barato que o m³ da brita granítica. Por essa razão, tem-se tais discrepâncias entre valores para misturas com o mesmo teor de adição e diferentes tipos agregados.

Entre as adições de 4,8% de brita e 9,1% de seixo, os teores ideais, a diferença de valor foi de R\$4.881,79. Neste caso, apesar do valor da brita ser mais caro em relação ao seixo, a mistura com a brita granítica tem um menor valor devido a menor demanda por este agregado.

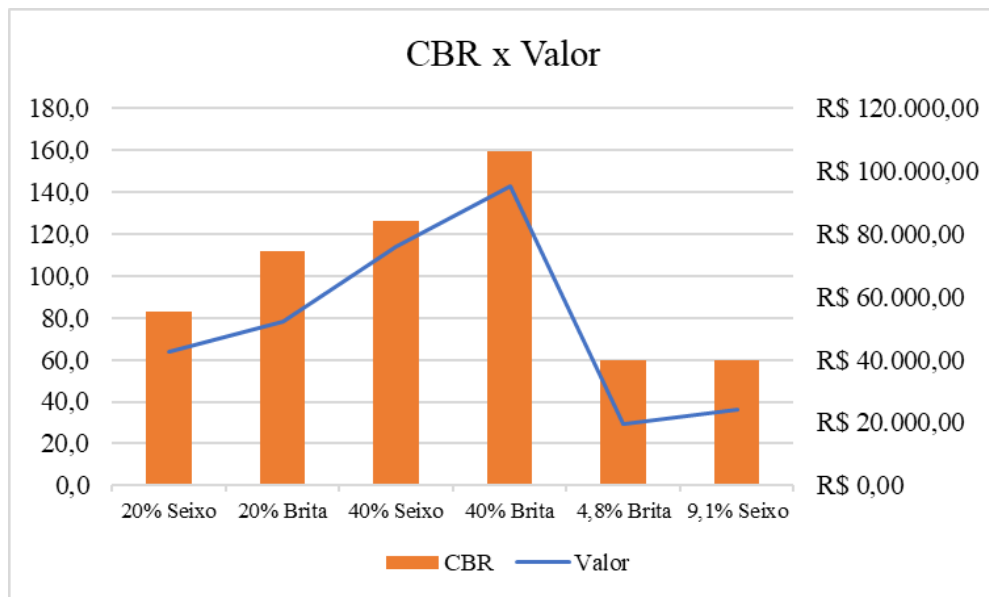
4.9 COMPARATIVO TÉCNICO-FINANCEIRO

Entre as misturas as quais foram adicionados 20% e 40% de agregado, aquela em que se incorporou 20% de seixo, atingindo um CBR de 83,1% e ultrapassando o valor mínimo estabelecido por norma, é a que está orçada em menor valor. Assim, esta seria a melhor opção a ser aplicada a realidade, visto que entre as opções, é a que melhor relaciona os fatores técnico-econômicos.

Entretanto, levando em consideração uma economia ainda maior, sem desprezar o CBR mínimo de 60%, a adição de 4,8% de brita solucionaria o problema de capacidade de suporte da via, com um custo bem abaixo do que seria gasto com a mistura solo-seixo a 20%. A incorporação do novo teor, proporcionaria à mistura, uma economia de R\$23.133,46.

A Figura 32, a seguir, ilustra o comparativo técnico-financeiro.

Figura 32 – Comparativo Técnico-Financeiro



Fonte: Autora (2019)

5 CONCLUSÃO

O principal objetivo da pavimentação é garantir a trafegabilidade em qualquer época do ano e condições climáticas, além de proporcionar aos usuários conforto ao rolamento e segurança. No entanto, nem sempre os solos a constituir o pavimento dispõem das propriedades necessárias para que os mesmos possam ser usados. Objetivando conferir a esses solos, condições para resistir a deformações e ruptura durante todo o período em que lhe forem exigidas tais características, o processo de estabilização é uma opção viável e por vezes, econômica, para garantir que o pavimento cumpra com o que lhe é solicitado.

Através de uma espécie de inspeção em campo, verificou-se que a quadra T-23, conta com vias que não dispõe de boas condições de trafegabilidade e que está tomada por um processo erosivo. Por essa razão, pressupôs-se que o solo não continha as propriedades que deveria conter. Tal suposição fora confirmada devido ao fato de que este solo, em seu estado natural, atingiu um CBR de apenas 40,9%, ou seja, não possui a capacidade de suporte mínima de 60%.

Para melhorar as propriedades do solo, foram adicionados teores de 20% de brita, 20% de seixo, 40% de brita e a mesma proporção de seixo. Tais adições, atribuíram ao solo CBRs de 111,9%, 83,1%, 159,5% e 125,9%, respectivamente. Visto que, considerando o número $N < 5 \times 10^6$, o CBR mínimo deve ser de 60%, todas as misturas ultrapassaram, com sobra, o limite mínimo estabelecido.

Uma vez que o intuito desta pesquisa é definir o teor que além de conferir ao solo a capacidade de suporte mínima, seja o mais barato possível, fez-se, com base nos resultados supracitados, uma estimativa dos teores ideais. Os valores encontrados foram de 4,8% de brita e 9,1% de seixo. Em tese, com a incorporação destes teores, seria atingido o CBR de 60%.

Para cada mistura, inclusive aquelas com os teores ideais, foi feita uma estimativa de custos. Essa estimativa foi feita para um trecho de 690m de extensão e 14m de largura. A mistura de 20% brita ficou orçada em R\$ 52.231,43, a de 20% seixo em R\$ 42.571,43, a de 40% brita em R\$ 95.380,71 e a de 40% de seixo, em R\$ 76.060,71. Para as misturas com os teores ideais, os valores foram de R\$ 19.437,97 e R\$ 24.319,76 para 4,8% de brita e 9,1% de seixo, respectivamente.

Diante do exposto, conclui-se que a adição de 4,8% brita se fez mais eficaz e compensatória, visto que com um pequeno teor, se alcança, de forma econômica, o estabelecido por norma. Conclui-se ainda que estabilizar granulometricamente o solo encontrado in loco, é de fato uma opção viável. Além de evitar a exploração de jazidas de

solo, reduz significativamente o custo final da obra, uma vez que o gasto com o transporte desse material, é cortado.

Para futuros trabalhos são sugeridos alguns temas, tais como:

- Estabilização com cimento e cal: estudo de caso da quadra T-23;
- Dimensionamento de pavimento com solo estabilizado;
- Viabilidade técnica e econômica entre estabilização física e química;

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6457: **Amostras de solo – preparação para ensaio de compactação e ensaios de caracterização**. Rio de Janeiro, 1986.

ÁVILA, Antonio Victorio; LIBRELOTTO, Liziane Ilha; LOPES, Oscar Ciro. **Orçamento de Obras: Construção Civil**. Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade do Sul de Santa Catarina - Unisul, Florianópolis, 2003.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BATALIONE, Giovane. **Estabilização de solos tropicais com a utilização de rejeitos finos de pedra de uma rocha granítica**. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

BERNUCCI, Liedi Bariani et al. **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2006.

CAIXA, **SINAPI**: Índices da Construção Civil. Disponível em:
<<http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poderpublico/sinapi/Paginas/default.aspx>>.
Acesso em: 18 mar. 2019.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996. v.1.

DNER. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. DNER ME 035/1998, **Agregados Determinação da abrasão “Los Angeles”** – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1998.

DNER. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. DNER-ME 041/94. **Solos – preparação de amostras para ensaios de caracterização** – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1994.

DNER. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. DNER ME 049/94, **Solos-Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas** – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1994.

DNER. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. DNER ME 054/97, **Solos-Equivalente de areia**– Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1997.

DNER. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. DNER-ME 080/94. **Solos - análise granulométrica por peneiramento** – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1994.

DNER. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. DNER ME 082/94, **Solos-Determinação do limite de plasticidade** – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1994.

DNER. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. DNER ME 122/94, **Solos-Determinação do limite de liquidez** – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1994.

DNIT, Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. DNIT - IPR 719. **Manual de Pavimentação**. 3.ed. Rio de Janeiro, 2006.

DNIT, Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria Geral. **Manual de custos rodoviários**. 3.ed. Rio de Janeiro, 2003.

DNIT. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. DNIT 141/10 - ES: Especificação de serviço. **Pavimentação – Base estabilizada granulometricamente**. Rio de Janeiro, 2010.

DNIT. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. DNIT 164/2013-ME: Método de Ensaio. **Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas**. Rio de Janeiro, 2013.

DNIT. **Nota de esclarecimento sobre o sistema de custos rodoviários** – SICRO. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/noticias/nota-de-esclarecimento-sobre-o-sistema-de-custosrodoviarios-sicro/> > Acesso em: 18 mar. 2019.

GEOTECNIA, Torres. **Limite de Plasticidade**. 2019. Disponível em: <<http://www.torresgeotecnia.com.br/portfolio-view/limite-de-plasticidade/>>. Acesso em: 23 abr. 2019.il. color.

MARQUES, Geraldo Luciano de O. **Procedimentos de avaliação e caracterização de agregados minerais usados na pavimentação asfáltica**. I Seminário de qualificação ao doutorado – Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia, UFRJ, Rio de Janeiro, 2001.

MATTOS, Aldo Dóres. **Como preparar Orçamentos de Obras**. São Paulo: Pini, 2006.

OLIVEIRA JÚNIOR, José Mamede Rebouças de; ARAÚJO, Carla Beatriz Costa de; AYRES, Thiago Moura da Costa. **Estudo comparativo entre as misturas solo-seixo e solo-brita para fins de pavimentação**. Tecnologia, Fortaleza, v. 39, n. 1, p.1-18, jun. 2018.

PINTO, André Ricardo Alves Guedes. **Fibras de Carauá e Sisal como Reforço em Matrizes de Solo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC - Rio, Rio de Janeiro, 2008.

PINTO, Carlos de Sousa. **Curso básico de mecânica dos solos em 16 aulas**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SARTORI, Guilherme. **Estudo de Estabilização de Solos para Fins de Pavimentação na Região de Campo Mourão**. 2015. TCC (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2015.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de técnicas de pavimentação**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2001. v. 2.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de técnicas de pavimentação**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2007. v. 1.

SILVA, Paulo Fernando. **Manual de patologia e manutenção de pavimentos**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2008. v. 1.

VARGAS, Milton. **Introdução à Mecânica dos Solos**. São Paulo: McGraw Hill, 1985.

WALLAU, Juliano Reis. **Avaliação da técnica de estabilização granulométrica como revestimento primário de rodovias não pavimentadas**. TCC (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUÍ, Ijuí, 2004.

APÊNDICES A

Planilhas – Abrasão Los Angeles

APÊNDICE A1

Acadêmica:	Aline Cunha da Silva			Orientador:	Fernando Moreno Suarte				
Graduação:	Engenharia Civil			Trecho:	Tlo-03				
Disciplina:	TCC II			Material:	Seixo Britado (rocha sedimentar)				
ENSAIO DE ABRASÃO LOS ANGELES - DNER - ME 035/98									
PENEIRAS		FRAÇÕES DA MOSTRA ANTES DO ENSAIO				FRAÇÕES DA MOSTRA APÓS DO ENSAIO			
Passando mm(pol.)	Retido mm(pol.)	Graduação A	Graduação B	Graduação C	Graduação D	Graduação A	Graduação B	Graduação C	Graduação D
38(1. 1/2')	25 (1')	1.250±25							
25 (1")	19(3/4")	1.250±25							
19(3/4")	12.,7(1/2")	1.250±25	2.500±50						
12.7(1/2")	9.5(3/8")	1.250±25	2.500±50						
9.5(3/8")	6.3(1/4")			2.500±50			945,8		
6.3 (1/4")	4.8(N°4)			2.500±50			998,3		
4.8(N°4)	2.4(N8)				5000±100				
Carga Abrasiva		11 esferas 4584 G							
Peso Total (g)		5.000,00							
Peso Passante # 1.7mm		1.944,10							
Peso Retido # 1.7mm		3.055,90							
CÁLCULO DA ABRASÃO			n% = 100x(Pn-P'n)/Pn(%)			38,88			
OBSERVAÇÃO: A amostra ensaiada atende a especificação normativa com desgaste inferior a 50%									

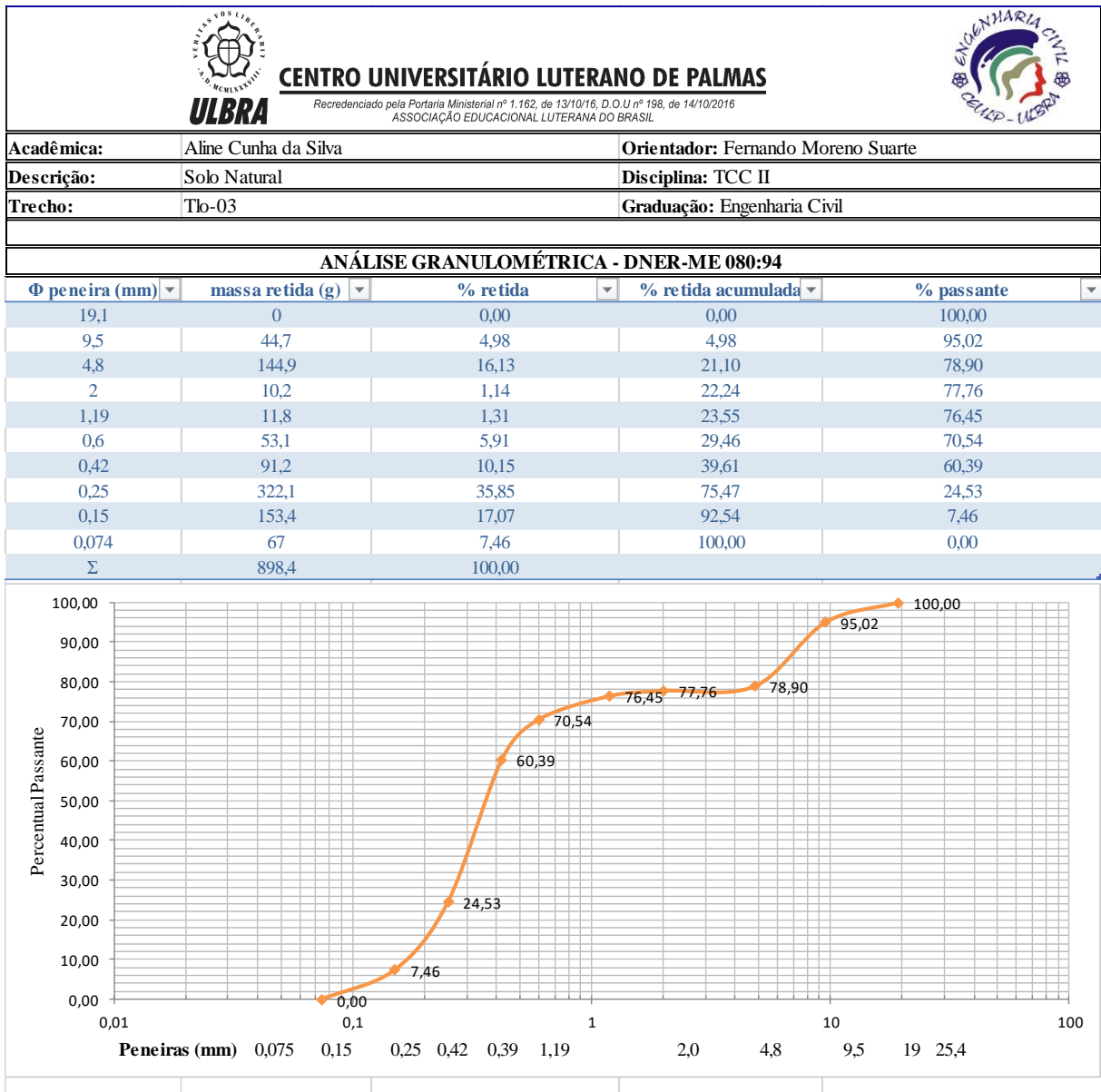
APÊNDICE A2

Acadêmica:	Aline Cunha da Silva			Orientador:	Fernando Moreno Suarte				
Graduação:	Engenharia Civil			Trecho:	Tlo-03				
Disciplina:	TCC II			Material:	Brita Granítica				
ENSAIO DE ABRASÃO LOS ANGELES - DNER - ME 035/98									
PENEIRAS		FRAÇÕES DA MOSTRA ANTES DO ENSAIO				FRAÇÕES DA MOSTRA APÓS DO ENSAIO			
Passando mm(pol.)	Retido mm(pol.)	Graduação A	Graduação B	Graduação C	Graduação D	Graduação A	Graduação B	Graduação C	Graduação D
38(1. 1/2')	25 (1')	1.250±25							
25 (1")	19(3/4")	1.250±25							
19(3/4")	12.,7(1/2")	1.250±25	2.500±50						
12.7(1/2")	9.5(3/8")	1.250±25	2.500±50				588,8		
9.5(3/8")	6.3(1/4")			2.500±50			766,9		
6.3 (1/4")	4.8(N°4)			2.500±50					
4.8(N°4)	2.4(N8)				5000±100				
Carga Abrasiva		11 esferas 4584 G							
Peso Total		5.000,00							
Peso Passante # 1.7mm		1.355,70							
Peso Retido # 1.7mm		3.644,30							
CÁLCULO DA ABRASÃO			n% = 100x(Pn-P'n)/Pn(%)			27,11			
OBSERVAÇÃO: A amostra ensaiada atende a especificação normativa com desgaste inferior a 50%									

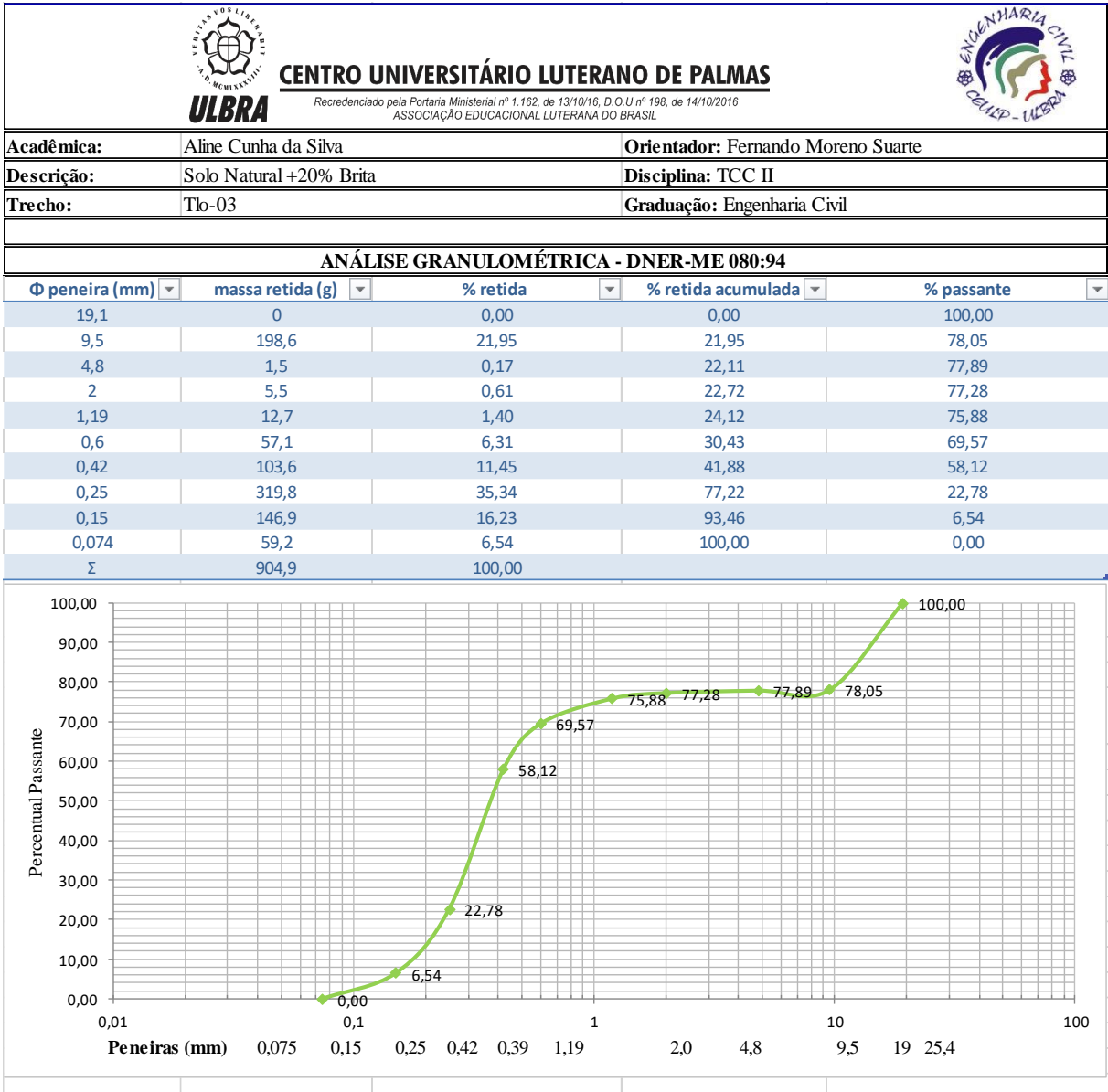
APÊNDICES B

Planilhas – Análise Granulométrica

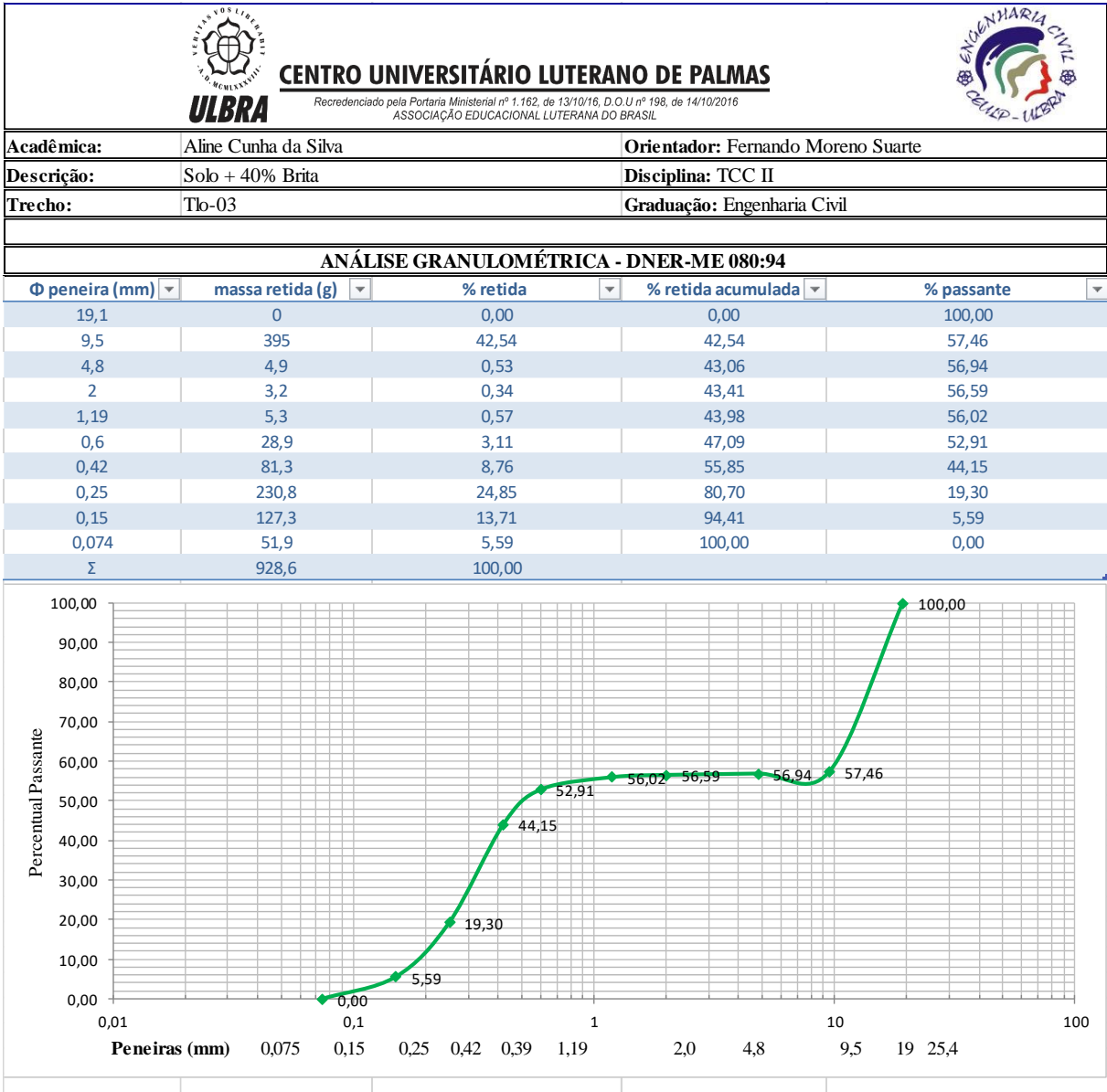
APÊNDICE B1



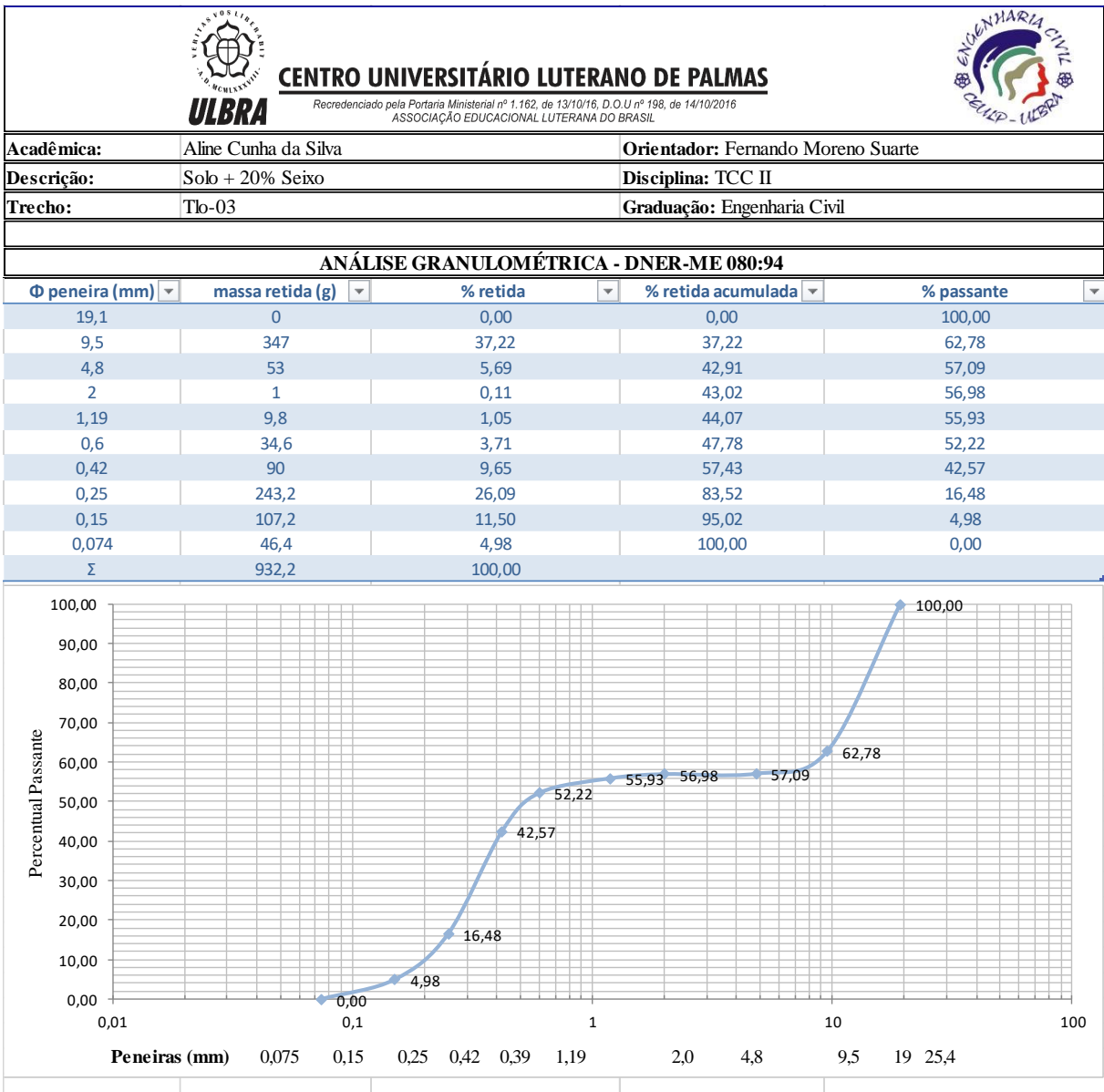
APÊNDICE B2



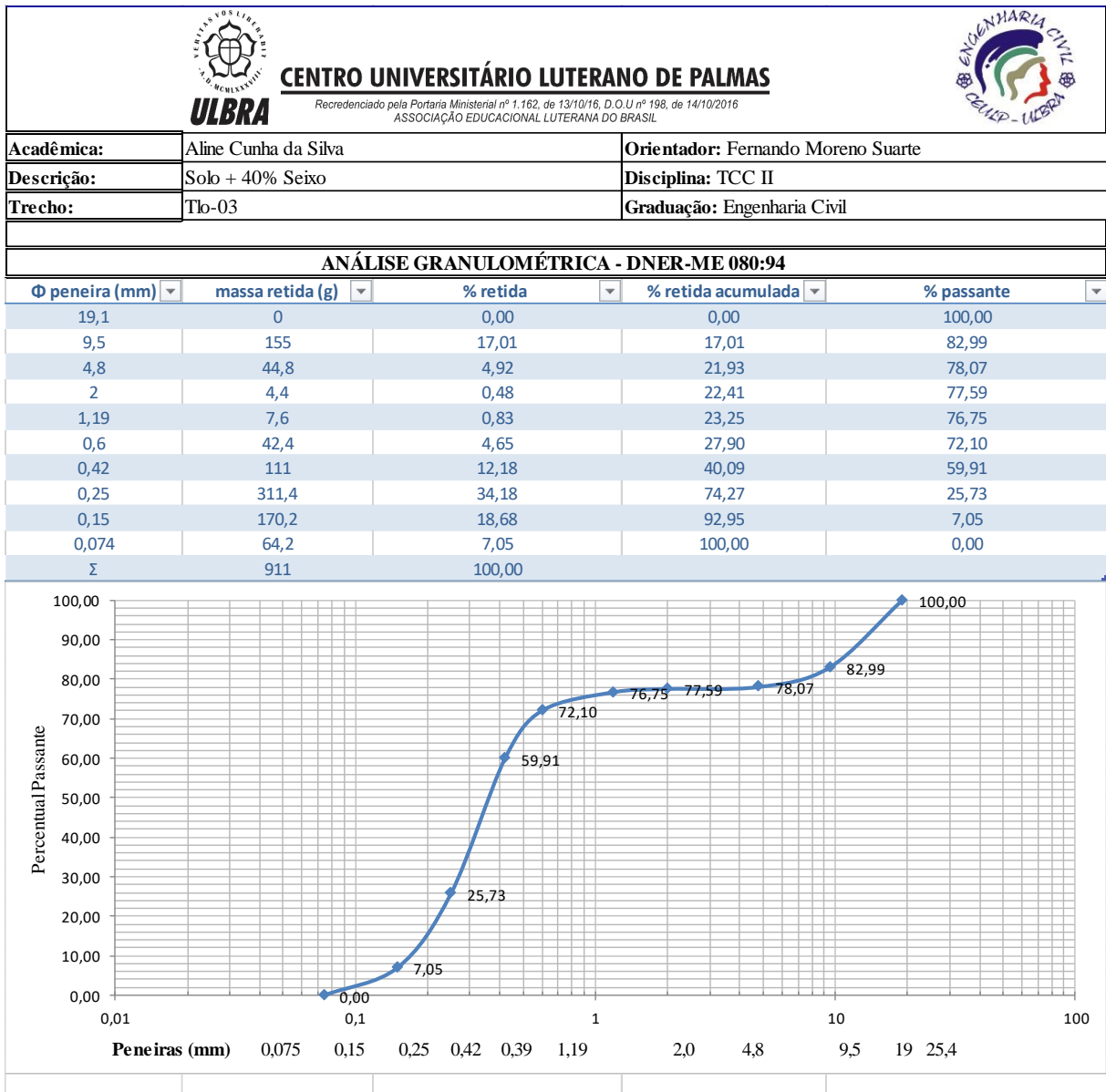
APÊNDICE B3



APÊNDICE B4





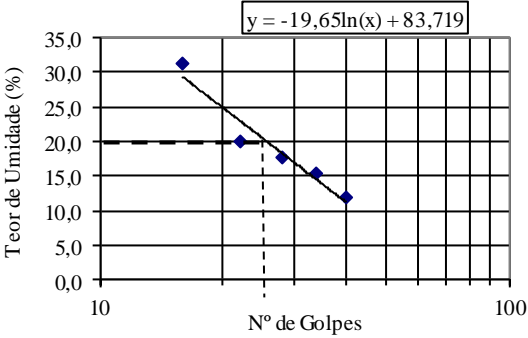
APÊNDICE B5



APÊNDICES C

Planilhas – Limites de Atterberg



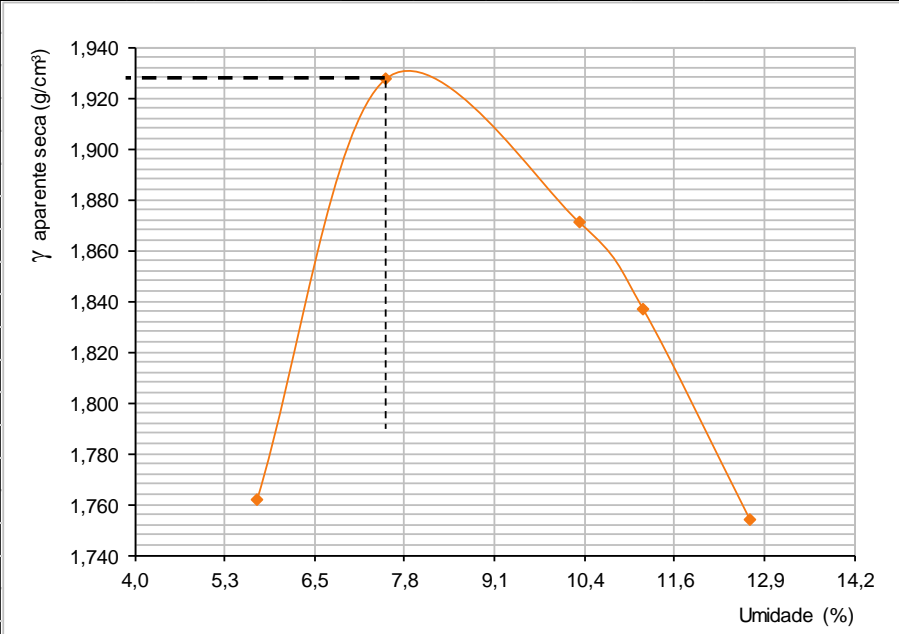
APÊNDICE C1

 CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS <small>Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016 ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL</small>								
LABORATÓRIO DE SOLOS E ROCHAS								
Acadêmica:	Aline Cunha da Silva	Orientador:	Fernando Moreno Suarte					
Descrição:	Solo Natural	Disciplina:	TCC II					
Trecho:	Tlo-03	Graduação:	Engenharia Civil					
LIMITE DE LIQUIDEZ - DNER-ME 122:94								
Determinação	#	1	2	3	4	5	6	7
Cápsula	#	1	2	3	4	7		
Massa Solo Úmido + Cásula	(g)	51,50	67,60	64,90	55,20	67,60		
Massa Solo Seco + Cásula	(g)	47,30	61,00	58,00	48,00	55,80		
Massa da Cápsula	(g)	12,10	17,90	18,90	11,90	18,10		
Massa da Água	(g)	4,20	6,60	6,90	7,20	11,80		
Massa Solo Seco	(g)	35,20	43,10	39,10	36,10	37,70		
Teor de Umidade	(%)	11,93	15,31	17,65	19,94	31,30		
Número de Golpes	#	40	34	28	22	16		
LIMITE DE PLASTICIDADE - DNER-ME 082:94								
Determinação	#	1	2	3	4	5	6	7
Cápsula	#							
Massa Solo Úmido + Cásula	(g)							
Massa Solo Seco + Cásula	(g)			NP				
Massa da Cápsula	(g)							
Massa da Água	(g)							
Massa Solo Seco	(g)							
Teor de Umidade	(%)							
	CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO DA MÉDIA (\bar{L}_P)							
	#	\bar{L}_P	0,95. \bar{L}_P	1,05. \bar{L}_P	Ñ Serve			
	1	0,00	0,00	0,00	2			
	2	0,00	0,00	0,00				
	LL = A.ln(Nº de Golpes) + B							
A	y = 19,65ln(x)							
B	83,719							
Limite de Liquidez (LL)				20,0				
Limite de Plasticidade (LP)				-				
Índice de Plasticidade (IP)				-				



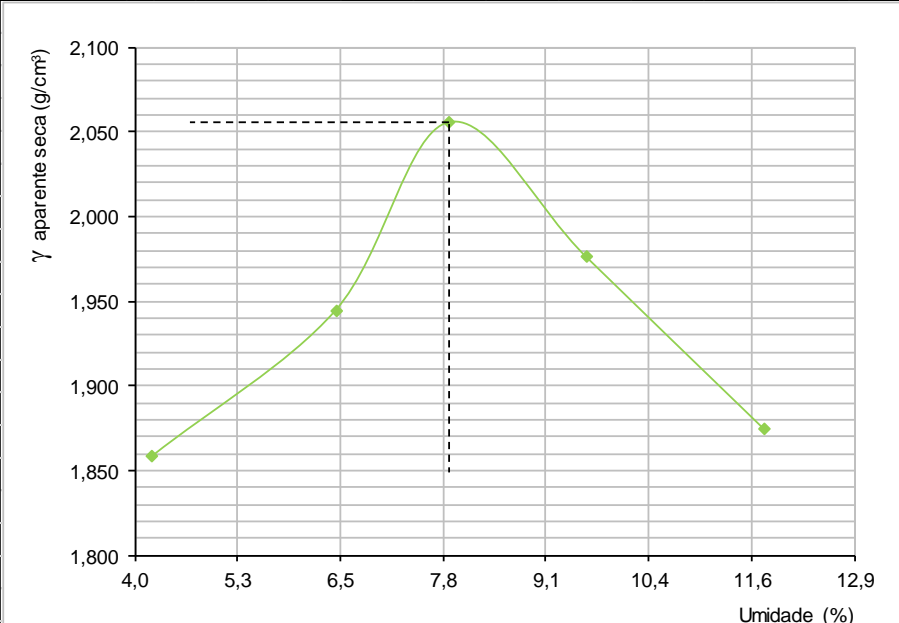
APÊNDICES D

Planilhas – Compactação



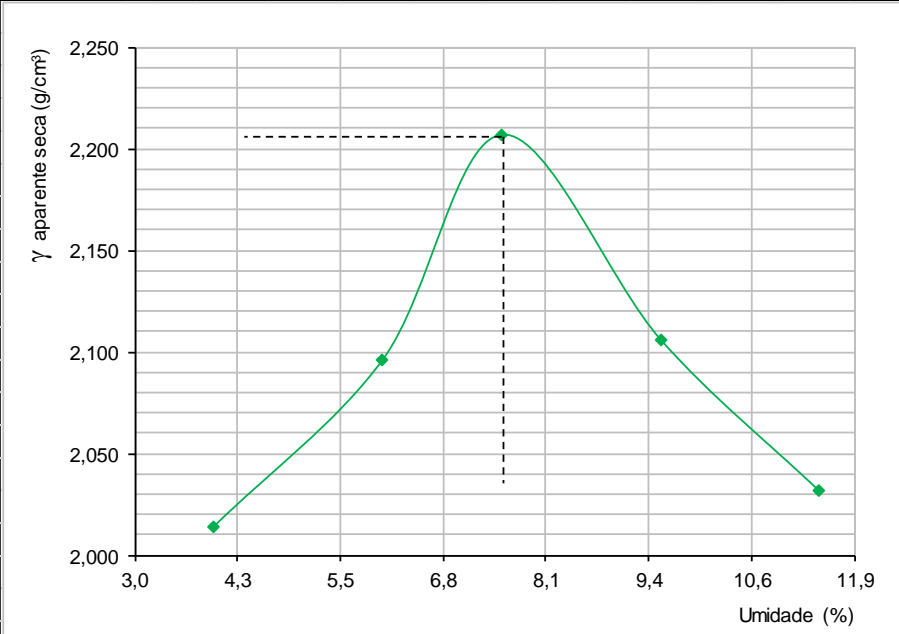
APÊNDICE D1

 CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS <small>Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016 ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL</small>													
LABORATÓRIO DE SOLOS E ROCHAS													
Acadêmica: Aline Cunha da Silva					Orientador: Fernando Moreno Suarte Junior								
Descrição: Solo Natural					Disciplina: TCC II								
Trecho: Tlo-03													
Energia: Proctor Modificado			Nº Golpes: 55		Soquete: Grande			Molde: Grande					
DNIT 164:2013											Umidade Higroscópica		
Teor de Umidade													
Nº Cápsula	#	1	2	3	4	5							
C + S + A	(g)	48,4	48,4	59,5	59,5	61,9	61,9	82,9	82,9	91,1	91,1		
C + S	(g)	46,7	46,7	56,4	56,4	57,9	57,9	76,4	76,4	82,5	82,5		
C - Cápsula	(g)	17,0	17,0	15,3	15,3	19,1	19,1	18,4	18,4	14,9	14,9		
A - Água	(g)	1,7	1,7	3,1	3,1	4,0	4,0	6,5	6,5	8,6	8,6		
S - Solo	C	29,7	29,7	41,1	41,1	38,8	38,8	58,0	58,0	67,6	67,6		
w - Umidade	(%)	5,7	5,7	7,5	7,5	10,3	10,3	11,2	11,2	12,7	12,7		
Umidade Média	(%)	5,7		7,5		10,3		11,2		12,7			
Dados de Compactação dos Corpos de Prova											Material Usado em Cada CP para Homogeneização		
Água Adic.	(g)	300	400	500	600	700						M_{úmida} (g)	5000
% Água Adic.	(%)	6	8	10	12	14						Nº	
Umidade Calc.	(%)	5,7	7,5	10,3	11,2	12,7						#	
Nº do Molde	#	12	13	41	3	11						Peso (Kg)	
M + S + A	(g)	9370	9720	9750	9690	9660						Volume (cm³)	
M - Molde	(g)	5500	5390	5485	5440	5534							
S + A	(g)	3870	4330	4265	4250	4126							
γ úmida	(g/cm ³)	1,862	2,073	2,064	2,043	1,977							
γ seca	(g/cm ³)	1,762	1,927	1,871	1,837	1,754							
Curva de Compactação											Resumo		
											γ_{s,max} (g/cm ³)	1,93	
											W_{ótima} (%)	7,5	
Observações Gerais:													
Visto													



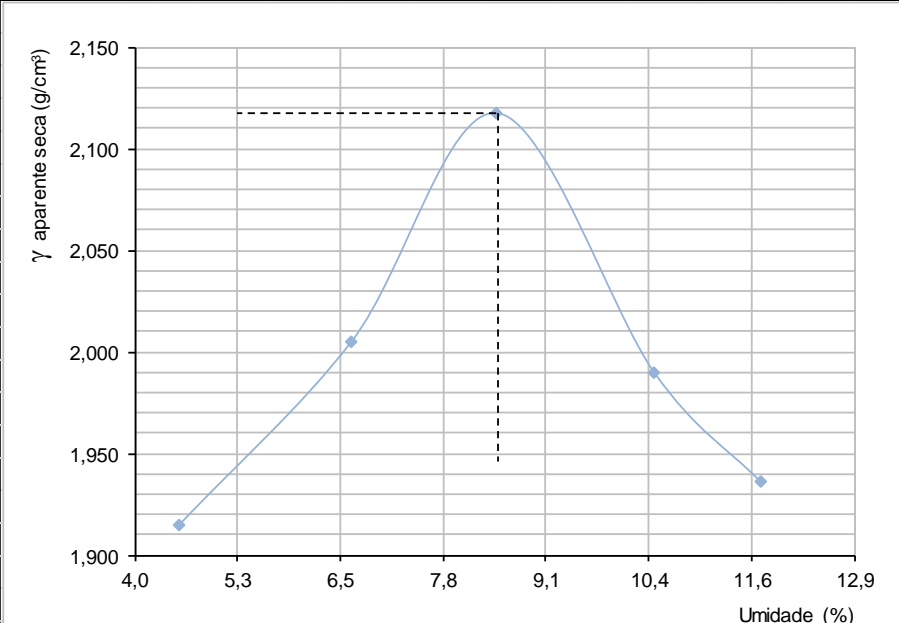
APÊNDICE D2

 CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016 ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL												
LABORATÓRIO DE SOLOS E ROCHAS												
Acadêmica:	Aline Cunha da Silva		Orientador:	Fernando Moreno Suarte Junior								
Descrição:	Solo + 20% Brita		Disciplina	TCC II								
Trecho:	Tlo-03											
Energia:	Proctor Modificado	Nº Golpes:	55	Soquete:	Grande	Molde:	Grande					
COMPACTAÇÃO DNIT 164:2013												
Teor de Umidade												
Nº Cápsula	#	1	2	3	4	5	Umidade Higroscópica					
C + S + A	(g)	45,5	45,5	48,1	48,1	56,9	56,9	69,3	69,3	77,3	77,3	
C + S	(g)	44,1	44,1	46,1	46,1	54,0	54,0	64,6	64,6	71,0	71,0	
C - Cápsula	(g)	12,1	12,1	15,3	15,3	17,3	17,3	16,2	16,2	18,1	18,1	
A - Água	(g)	1,4	1,4	2,0	2,0	2,9	2,9	4,7	4,7	6,3	6,3	
S - Solo	C	32,0	32,0	30,8	30,8	36,7	36,7	48,4	48,4	52,9	52,9	
w - Umidade	(%)	4,2	4,2	6,5	6,5	7,9	7,9	9,6	9,6	11,8	11,8	
Umidade Média	(%)	4,2		6,5		7,9		9,6		11,8		
Dados de Compactação dos Corpos de Prova							Material Usado em Cada CP para Homogeneização					
Água Adic.	(g)	200	300	400	500	600						
% Água Adic.	(%)	4	6	8	10	12	M_{úmida} (g)	5000				
Umidade Calc.	(%)	4,2	6,5	7,9	9,6	11,8	Nº	Peso	Volume			
Nº do Molde	#	3	4	5	25	41	#	(Kg)	(cm³)			
M + S + A	(g)	9470	9820	10110	9850	9816	12	5440	2080,6			
M - Molde	(g)	5440	5510	5500	5324	5485	13	5510	2081,65			
S + A	(g)	4030	4310	4610	4526	4331	41	5500	2078,8			
γ_{úmida}	(g/cm ³)	1,937	2,070	2,218	2,166	2,096	3	5324	2090			
γ_{seca}	(g/cm ³)	1,859	1,944	2,055	1,976	1,874	11	5485	2066,7			
Curva de Compactação							Resumo					
							γ_{s,max} (g/cm ³)	2,06				
							W_{ótima} (%)	7,9				
							Observações Gerais:					
							Visto					



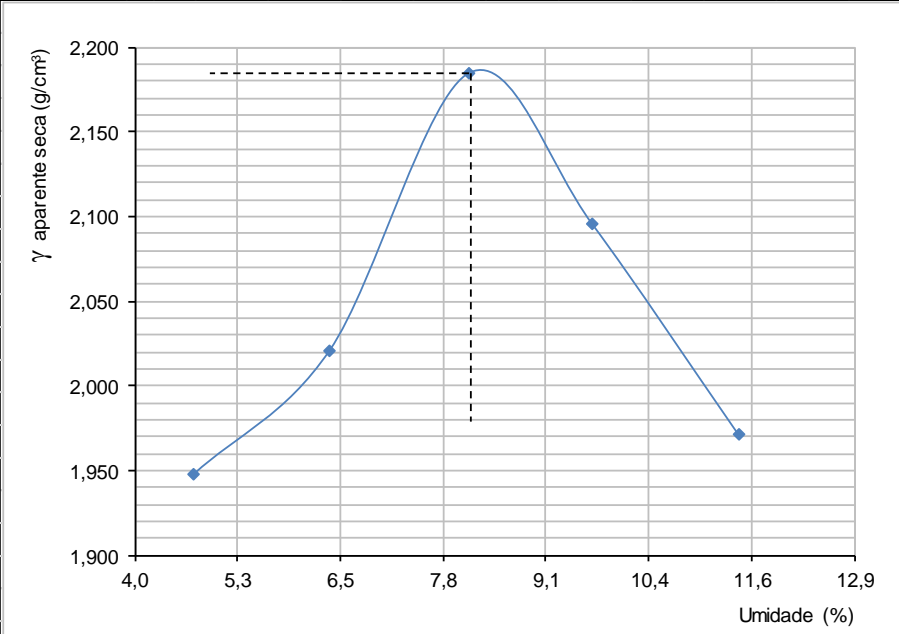
APÊNDICE D3

 CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS <small>Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016 ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL</small>													
LABORATÓRIO DE SOLOS E ROCHAS													
Acadêmica: Aline Cunha da Silva					Orientador: Fernando Moreno Suarte Junior								
Descrição: Solo + 40% Brita					Disciplina: TCC II								
Trecho: Tlo-03													
Energia: Proctor Modificado			Nº Golpes: 55		Soquete: Grande			Molde: Grande					
COMPACTAÇÃO DNIT 164:2013											Umidade Higroscópica		
Teor de Umidade													
Nº Cápsula	#	1		2		3		4		5			
C + S + A	(g)	47,1	47,1	48,5	48,5	67,5	67,5	80,5	80,5	88,7	88,7		
C + S	(g)	46,0	46,0	46,6	46,6	64,1	64,1	75,1	75,1	81,1	81,1		
C - Cápsula	(g)	18,3	18,3	15,3	15,3	19,1	19,1	18,4	18,4	14,9	14,9		
A - Água	(g)	1,1	1,1	1,9	1,9	3,4	3,4	5,4	5,4	7,6	7,6		
S - Solo	C	27,7	27,7	31,3	31,3	45,0	45,0	56,7	56,7	66,2	66,2		
w - Umidade	(%)	4,0	4,0	6,1	6,1	7,6	7,6	9,5	9,5	11,5	11,5		
Umidade Média	(%)	4,0		6,1		7,6		9,5		11,5			
Dados de Compactação dos Corpos de Prova											Material Usado em Cada CP para Homogeneização		
Água Adic.	(g)	200	300	400	500	600							
% Água Adic.	(%)	4	6	8	10	12	M _{úmida} (g) 5000						
Umidade Calc.	(%)	4,0	6,1	7,6	9,5	11,5	Nº	Peso	Volume				
Nº do Molde	#	12	25	41	4	11	#	(Kg)	(cm ³)				
M + S + A	(g)	9850	9970	10390	10310	10260	12	5500	2078				
M - Molde	(g)	5500	5324	5485	5510	5534	25	5324	2090				
S + A	(g)	4350	4646	4905	4800	4726	41	5485	2066,7				
γ úmida	(g/cm ³)	2,093	2,223	2,373	2,306	2,264	4	5510	2081,6				
γ seca	(g/cm ³)	2,013	2,096	2,207	2,105	2,031	11	5534	2087				
Curva de Compactação											Resumo		
											γ_{s,max} (g/cm ³)	2,21	
											W_{ótima} (%)	7,6	
											Observações Gerais:		
											Visto		

APÊNDICE D4

 CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS <small>Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016 ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL</small>														
LABORATÓRIO DE SOLOS E ROCHAS														
Acadêmica: Aline Cunha da Silva					Orientador: Fernando Moreno Suarte Junior									
Descrição: Solo + 20% Seixo					Disciplina					TCC II				
Trecho: Tlo-03														
Energia: Proctor Modificado			Nº Golpes: 55		Soquete: Grande			Molde: Grande						
COMPACTAÇÃO DNIT 164:2013											Umidade Higroscópica			
Teor de Umidade														
Nº Cápsula	#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
C + S + A	(g)	45,8	45,8	47,2	47,2	65,1	65,1	82,9	82,9	56,7	56,7			
C + S	(g)	44,6	44,6	45,2	45,2	61,5	61,5	76,8	76,8	52,3	52,3			
C - Cápsula	(g)	18,2	18,2	15,3	15,3	19,1	19,1	18,4	18,4	14,9	14,9			
A - Água	(g)	1,2	1,2	2,0	2,0	3,6	3,6	6,1	6,1	4,4	4,4			
S - Solo	C	26,4	26,4	29,9	29,9	42,4	42,4	58,4	58,4	37,4	37,4			
w - Umidade	(%)	4,5	4,5	6,7	6,7	8,5	8,5	10,4	10,4	11,8	11,8			
Umidade Média	(%)	4,5		6,7		8,5		10,4		11,8				
Dados de Compactação dos Corpos de Prova											Material Usado em Cada CP para Homogeneização			
Água Adic.	(g)	200	300	400	500	600								
% Água Adic.	(%)	4	6	8	10	12	M _{úmida} (g)		5000					
Umidade Calc.	(%)	4,5	6,7	8,5	10,4	11,8	Nº	Peso	Volume					
Nº do Molde	#	12	2	3	21	11	#	(Kg)	(cm ³)					
M + S + A	(g)	9660	9765	10220	10100	10050	12	5500	2078					
M - Molde	(g)	5500	5300	5440	5507	5534	2	5300	2087					
S + A	(g)	4160	4465	4780	4593	4516	3	5440	2080,6					
γ úmida	(g/cm ³)	2,002	2,139	2,297	2,198	2,164	21	5507	2090					
γ seca	(g/cm ³)	1,915	2,005	2,118	1,990	1,936	11	5534	2087					
Curva de Compactação											Resumo			
											γ _{s,max} (g/cm ³)	2,12		
											W _{ótima} (%)	8,5		
											Observações Gerais:			
											Visto			

APÊNDICE D5

 CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS <small>Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016 ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL</small>														
LABORATÓRIO DE SOLOS E ROCHAS														
Acadêmica: Aline Cunha da Silva					Orientador: Fernando Moreno Suarte Junior									
Descrição: Solo + 40% Seixo					Disciplina			TCC II						
Trecho: Tlo-03														
Energia: Proctor Modificado				Nº Golpes: 55		Soquete: Grande		Molde: Grande						
COMPACTAÇÃO DNIT 164:2013											Umidade Higroscópica			
Teor de Umidade														
Nº Cápsula	#	1		2		3		4		5				
C + S + A	(g)	73,5	73,5	46,8	46,8	74,8	74,8	78,5	78,5	67,3	67,3			
C + S	(g)	71,0	71,0	44,9	44,9	70,6	70,6	73,2	73,2	61,9	61,9			
C - Cápsula	(g)	18,2	18,2	15,3	15,3	19,1	19,1	18,4	18,4	14,9	14,9			
A - Água	(g)	2,5	2,5	1,9	1,9	4,2	4,2	5,3	5,3	5,4	5,4			
S - Solo	C	52,8	52,8	29,6	29,6	51,5	51,5	54,8	54,8	47,0	47,0			
w - Umidade	(%)	4,7	4,7	6,4	6,4	8,2	8,2	9,7	9,7	11,5	11,5			
Umidade Média	(%)	4,7		6,4		8,2		9,7		11,5				
Dados de Compactação dos Corpos de Prova											Material Usado em Cada CP para Homogeneização			
Água Adic.	(g)	200		300		400		500		600				
% Água Adic.	(%)	4		6		8		10		12		M _{úmida} (g)	5000	
Umidade Calc.	(%)	4,7		6,4		8,2		9,7		11,5		Nº	Peso	Volume
Nº do Molde	#	12		41		7A		7		11		#	(Kg)	(cm ³)
M + S + A	(g)	9740		9930		10250		10140		10120		12	5500	2078
M - Molde	(g)	5500		5485		5333		5350		5534		41	5485	2066,7
S + A	(g)	4240		4445		4917		4790		4586		7A	5333	2081
γ úmida	(g/cm ³)	2,040		2,151		2,363		2,298		2,197		7	5350	2084,35
γ seca	(g/cm ³)	1,948		2,021		2,185		2,095		1,971		11	5534	2087
Curva de Compactação											Resumo			
											γ _{s,max} (g/cm ³)	2,18		
											W _{ótima} (%)	8,2		
											Observações Gerais:			
											Visto			

APÊNDICES EPlanilhas – CBR (*ISC*)

APÊNDICE E1

Acadêmica:	Aline Cunha da Silva	Orientador:	Fernando Moreno Suarte
Graduação:	Engenharia Civil	Trecho:	Tlo-03
Disciplina:	TCC II		

ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA											
EXPANSÃO											
Molde (Nº)		13			41			03			
Altura do molde (cm)		11,38			11,38			11,38			
		Leitura	Difer.	Exp.	Leitura	Difer.	Exp.	Leitura	Difer.	Exp.	
Data	Hora	(mm)	(mm)	%	(mm)	(mm)	%	(mm)	(mm)	%	
19/08/2019	seg	10:30	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
20/08/2019	ter	10:30	2,10	0,10	0,09	2,00	0,00	0,00	1,05	0,05	0,04
21/08/2019	qua	10:30	2,10	0,10	0,09	2,10	0,10	0,09	1,04	0,04	0,04
22/08/2019	qui	10:30	2,20	0,20	0,18	2,15	0,15	0,13	1,10	0,10	0,09
23/08/2019	sex	10:30	2,25	0,25	0,22	2,15	0,15	0,13	1,10	0,10	0,09
Cil. +am. após embebição											
Peso da água absorvida											

Anel dinamométrico
DIN 001

Constante do anel
0,11051

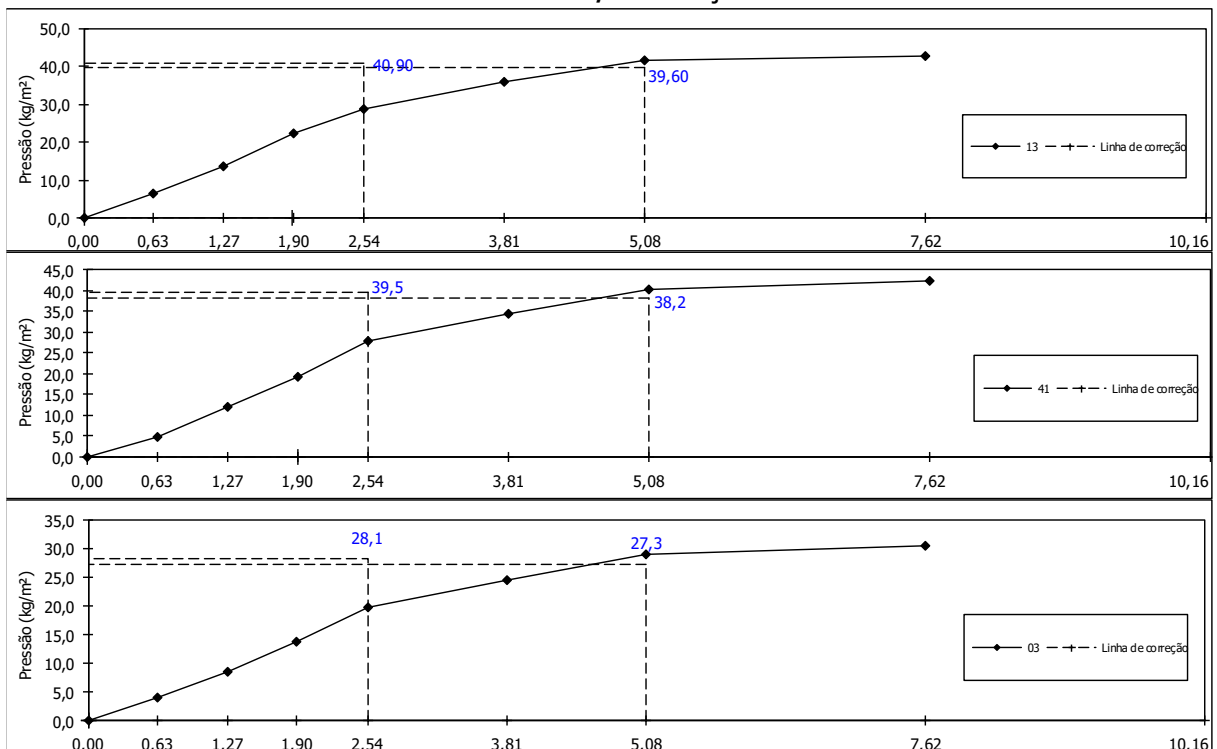
Relógio comparador
EXT 001

Área do pistão (cm²)
19,3221

PENETRAÇÃO

Tempo	Penetração		Pressão Padrão	Molde	13			Molde	41			Molde	03		
	mm	Pol.			Leitura	Pressão Kg/m ²	ISC		Leitura	Pressão Kg/m ²	ISC		Leitura	Pressão Kg/m ²	ISC
Min.	mm	Pol.	-	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%
0,5	0,63	0,025	-	57	6,30			42	4,6			37	4,1		
1,0	1,27	0,050	-	123	13,59			109	12,0			78	8,6		
1,5	1,90	0,075	-	203	22,43			175	19,3			124	13,7		
2,0	2,54	0,100	70,31	260	28,73	28,7	40,9	251	27,7	27,7	39,5	179	19,8	19,8	28,1
3,0	3,81	0,150	-	324	35,81			313	34,6			221	24,4		
4,0	5,08	0,200	105,46	378	41,77	41,8	39,6	365	40,3	40,3	38,2	261	28,8	28,8	27,3
6,0	7,62	0,300	-	385	42,55			382	42,2			275	30,4		
8,0	10,16	0,400	-												
10,0	12,70	0,500	-												

Curvas de Pressão / Penetração do I.S.C



APÊNDICE E2

Acadêmica:	Aline Cunha da Silva	Orientador:	Fernando Moreno Suarte
Graduação:	Engenharia Civil	Trecho:	Tlo-03
Disciplina:	TCC II	Descrição:	Solo + 20% Brita

ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA											
EXPANSÃO											
Molde (Nº)			04			05			25		
Altura do molde (cm)			11,38			11,38			11,38		
-	-	-	Leitura	Difer.	Exp.	Leitura	Difer.	Exp.	Leitura	Difer.	Exp.
Data	seg	Hora	(mm)	(mm)	%	(mm)	(mm)	%	(mm)	(mm)	%
26/08/2019	seg	15:30	2,00	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
27/08/2019	ter	15:30	2,20	0,20	0,18	2,55	0,05	0,04	1,10	0,10	0,09
28/08/2019	qua	15:30	2,50	0,50	0,44	2,55	0,05	0,04	1,10	0,10	0,09
29/08/2019	qui	15:30	2,55	0,55	0,48	2,60	0,10	0,09	1,15	0,15	0,13
30/08/2019	sex	15:30	2,60	0,60	0,53	2,70	0,20	0,18	1,15	0,15	0,13
Cil.+am. após embebição											
Peso da água absorvida											

Anel dinamométrico
DIN 001

Constante do anel
0,11051

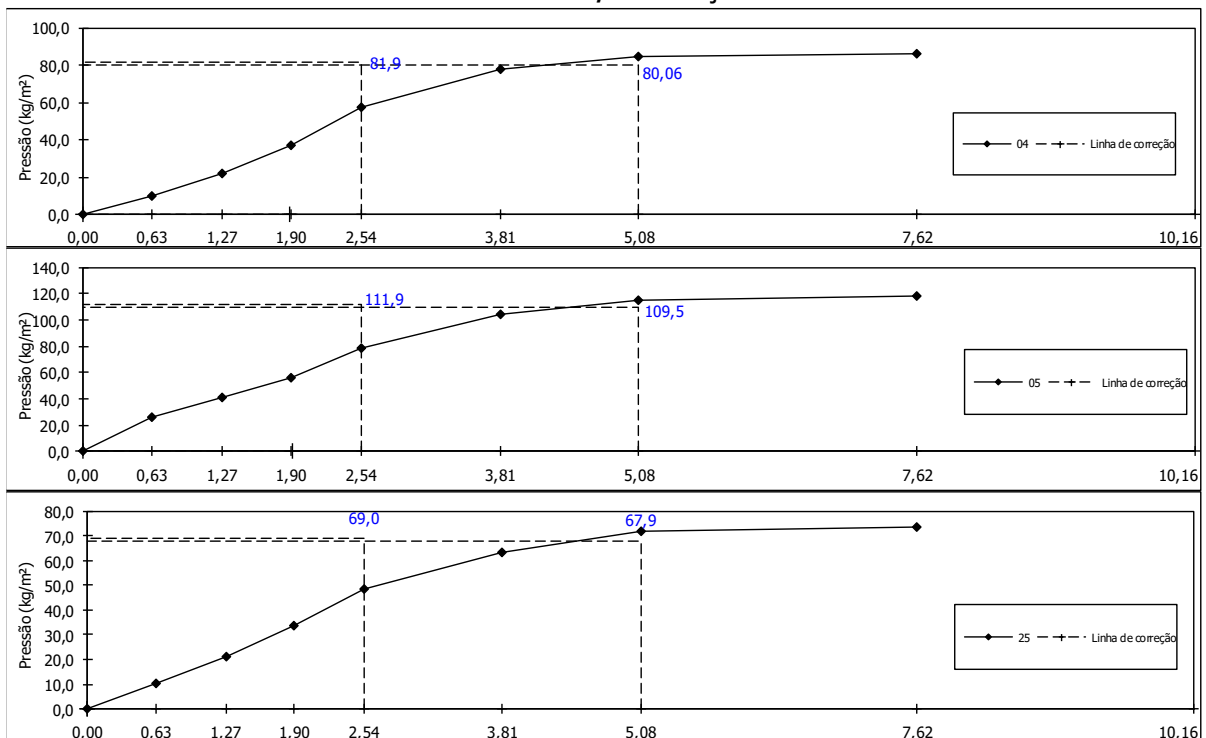
Relógio comparador
EXT 001

Área do pistão (cm²)
19,3221

PENETRAÇÃO																
Tempo	Penetração			Pressão Padrão	Molde 04				Molde 05				Molde 25			
	mm	Pol.			Leitura	Pressão Kg/m²		ISC	Leitura	Pressão Kg/m²		ISC	Leitura	Pressão Kg/m²		ISC
-	-	-	-	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%	
0,5	0,63	0,025	-	88	9,72			238	26,3			92	10,2			
1,0	1,27	0,050	-	197	21,77			367	40,6			192	21,2			
1,5	1,90	0,075	-	334	36,91			509	56,2			305	33,7			
2,0	2,54	0,100	70,31	521	57,58	57,6	81,9	712	78,7	78,7	111,9	439	48,5	48,5	69,0	
3,0	3,81	0,150	-	702	77,58			941	104,0			575	63,5			
4,0	5,08	0,200	105,46	764	84,43	84,4	80,1	1045	115,5	115,5	109,5	648	71,6	71,6	67,9	
6,0	7,62	0,300	-	778	85,98			1069	118,1			664	73,4			
8,0	10,16	0,400	-													
10,0	12,70	0,500	-													

92,2

Curvas de Pressão / Penetração do I.S.C



APÊNDICE E3

Acadêmica:	Aline Cunha da Silva	Orientador:	Fernando Moreno Suarte
Graduação:	Engenharia Civil	Trecho:	Tlo-03
Disciplina:	TCC II	Descrição:	Solo + 40% Brita

ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA											
EXPANSÃO											
Molde (Nº)			25			41			04		
Altura do molde (cm)			11,38			11,38			11,38		
-			-			-			-		
Data	hora		Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. (%)	Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. (%)	Leitura (mm)	Difer. (mm)	Exp. (%)
03/09/2019	ter	15:40	2,00	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
04/09/2019	qua	15:40	2,20	0,20	0,18	2,55	0,05	0,04	1,05	0,05	0,04
05/09/2019	qui	15:40	2,20	0,20	0,18	2,65	0,15	0,13	1,05	0,05	0,04
06/09/2019	sex	15:40	2,35	0,35	0,31	2,65	0,15	0,13	1,10	0,10	0,09
07/09/2019	sáb	15:40	2,50	0,50	0,44	2,70	0,20	0,18	1,10	0,10	0,09
Cil.+am. após embebição											
Peso da água absorvida											

Anel dinamométrico
DIN 001

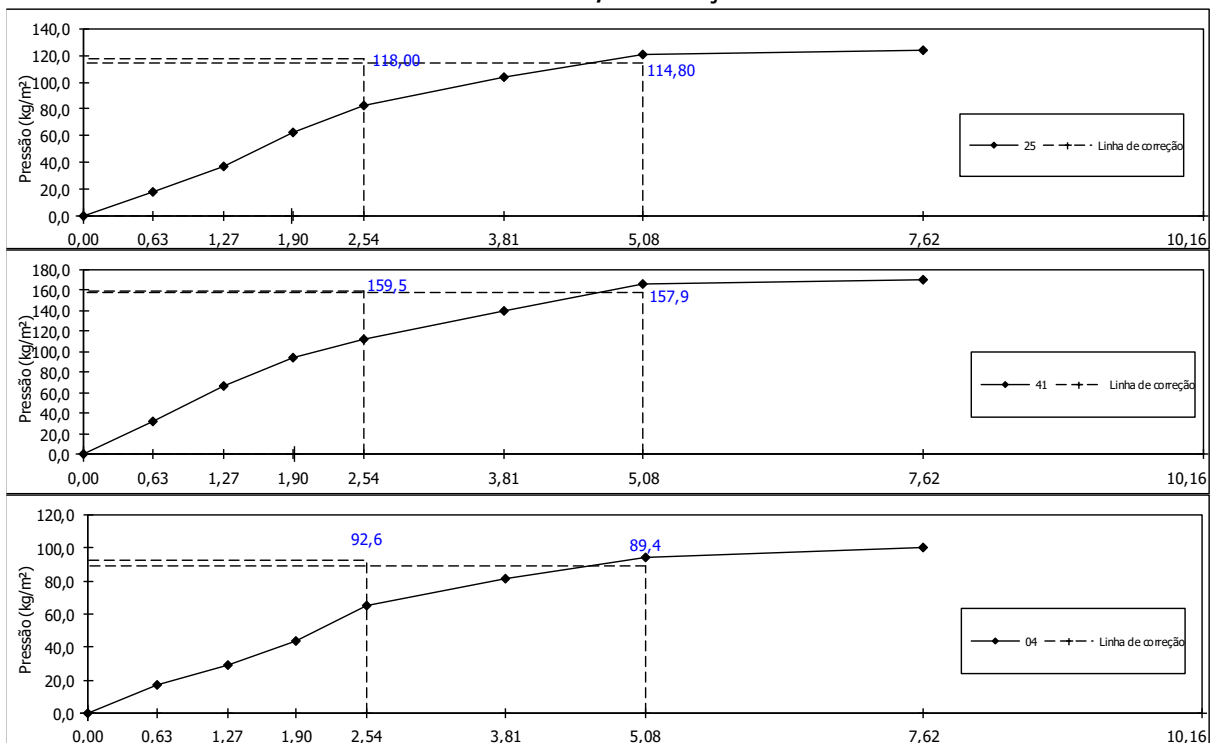
Constante do anel
0,11051

Relógio comparador
EXT 001

Área do pistão (cm²)
19,3221

PENETRAÇÃO																			
Tempo Min.	Penetração		Pressão Padrão	Molde Leitura mm	25				Molde Leitura mm	41				Molde Leitura mm	04				
	mm	Pol.			Pressão Kg/m²	Calcul.	Corrig.	ISC %		Pressão Kg/m²	Calcul.	Corrig.	ISC %		Pressão Kg/m²	Calcul.	Corrig.	ISC %	
0,5	0,63	0,025	-	168	18,57				295	32,6			156	17,2					
1,0	1,27	0,050	-	335	37,02				606	67,0			267	29,5					
1,5	1,90	0,075	-	563	62,22				852	94,2			398	44,0					
2,0	2,54	0,100	70,31	751	82,99	83,0	118,0		1015	112,2	112,2	159,5	589	65,1	65,1	92,6			
3,0	3,81	0,150	-	936	103,44				1269	140,2			732	80,9					
4,0	5,08	0,200	105,46	1096	121,12	121,1	114,8		1507	166,5	166,5	157,9	853	94,3	94,3	89,4			
6,0	7,62	0,300	-	1117	123,44				1543	170,5			906	100,1					
8,0	10,16	0,400	-																
10,0	12,70	0,500	-																

Curvas de Pressão / Penetração do I.S.C



APÊNDICE E4

Acadêmica:	Aline Cunha da Silva	Orientador:	Fernando Moreno Suarte
Graduação:	Engenharia Civil	Trecho:	Tlo-03
Disciplina:	TCC II	Descrição:	Solo + 20% Seixo

ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA											
EXPANSÃO											
Molde (Nº)		2A			03			02			
Altura do molde (cm)		11,38			11,38			11,38			
		Leitura	Difer.	Exp.	Leitura	Difer.	Exp.	Leitura	Difer.	Exp.	
Data	Hora	(mm)	(mm)	%	(mm)	(mm)	%	(mm)	(mm)	%	
16/09/2019	seg 10:00	5,00	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	
17/09/2019	ter 10:00	5,20	0,20	0,18	2,50	0,00	0,00	1,05	0,05	0,04	
18/09/2019	qua 10:00	5,20	0,20	0,18	2,55	0,05	0,04	1,05	0,05	0,04	
19/09/2019	qui 10:00	5,35	0,35	0,31	2,55	0,05	0,04	1,05	0,05	0,04	
20/09/2019	sex 10:00	5,55	0,55	0,48	2,65	0,15	0,13	1,10	0,10	0,09	
Cil. +am. após embebição											
Peso da água absorvida											

Anel dinamométrico
DIN 001

Constante do anel
0,11051

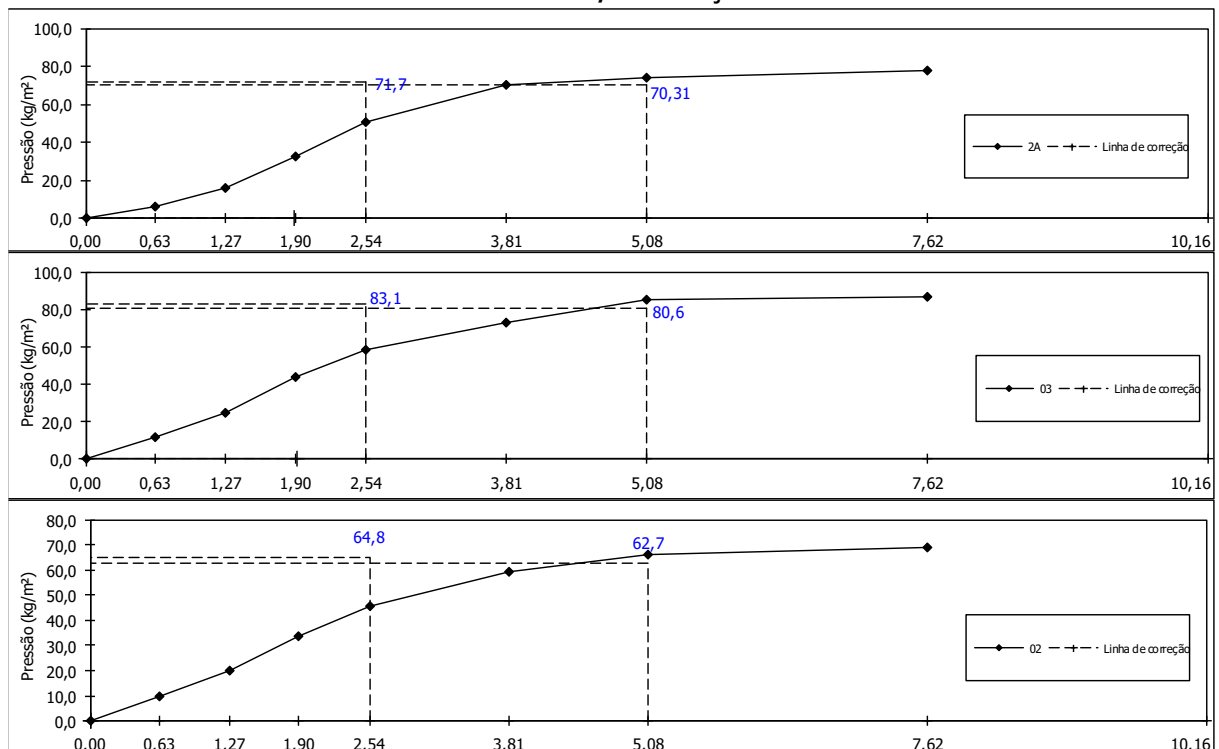
Relógio comparador
EXT 001

Área do pistão (cm²)
19,3221

PENETRAÇÃO

Tempo	Penetração		Pressão Padrão	Molde	2A			Molde	03			Molde	02		
	mm	Pol.			Leitura	Pressão Kg/m ² Calcul.	ISC Corrig.		Leitura	Pressão Kg/m ² Calcul.	ISC Corrig.		Leitura	Pressão Kg/m ² Calcul.	ISC Corrig.
-	-	-	-	-	mm										
0,5	0,63	0,025	-	54	5,97			104	11,5			89	9,8		
1,0	1,27	0,050	-	147	16,24			227	25,1			183	20,2		
1,5	1,90	0,075	-	296	32,71			394	43,5			307	33,9		
2,0	2,54	0,100	70,31	456	50,39	50,4	71,7	529	58,5	58,5	83,1	412	45,5	45,5	64,8
3,0	3,81	0,150	-	638	70,51			658	72,7			536	59,2		
4,0	5,08	0,200	105,46	671	74,15	74,2	70,3	769	85,0	85,0	80,6	598	66,1	66,1	62,7
6,0	7,62	0,300	-	702	77,58			785	86,8			623	68,8		
8,0	10,16	0,400	-												
10,0	12,70	0,500	-												

Curvas de Pressão / Penetração do I.S.C



APÊNDICE E5

Acadêmica:	Aline Cunha da Silva	Orientador:	Fernando Moreno Suarte
Graduação:	Engenharia Civil	Trecho:	Tlo-03
Disciplina:	TCC II	Descrição:	Solo + 40% Seixo

ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA											
EXPANSÃO											
Molde (Nº)		41			7-A			07			
Altura do molde (cm)		11,38			11,38			11,38			
		Leitura	Difer.	Exp.	Leitura	Difer.	Exp.	Leitura	Difer.	Exp.	
Data	Hora	(mm)	(mm)	%	(mm)	(mm)	%	(mm)	(mm)	%	
17/09/2019	ter 10:30	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	
18/09/2019	qua 10:30	2,10	0,10	0,09	2,05	0,05	0,04	1,00	0,00	0,00	
19/09/2019	qui 10:30	2,20	0,20	0,18	2,05	0,05	0,04	1,05	0,05	0,04	
20/09/2019	sex 10:30	2,45	0,45	0,40	2,15	0,15	0,13	1,05	0,05	0,04	
21/09/2019	sáb 10:30	2,70	0,70	0,62	2,20	0,20	0,18	1,10	0,10	0,09	
Cil. +am. após embebição											
Peso da água absorvida											

Anel dinamométrico
DIN 001

Constante do anel
0,11051

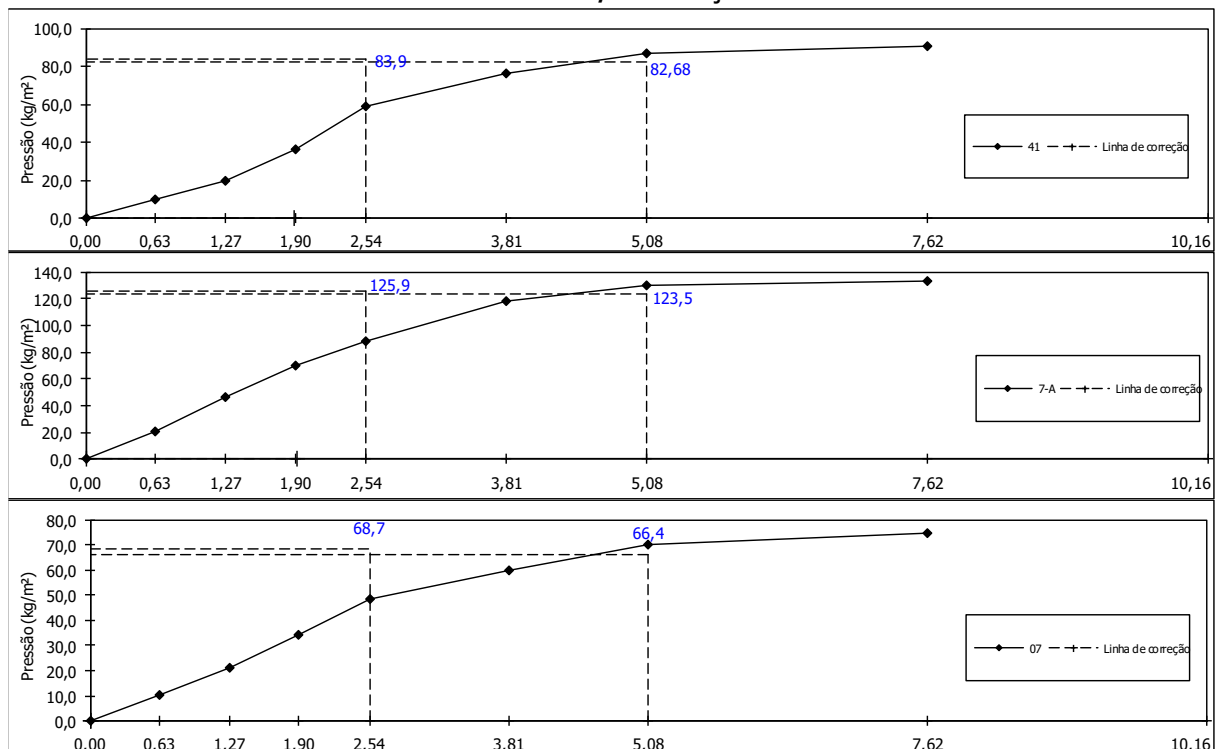
Relógio comparador
EXT 001

Área do pistão (cm²)
19,3221

PENETRAÇÃO

Tempo	Penetração		Pressão Padrão	Molde 41			Molde 7-A			Molde 07		
	mm	Pol.		Leitura	Pressão Kg/m ² Calcul.	ISC Corrig.	Leitura	Pressão Kg/m ² Calcul.	ISC Corrig.	Leitura	Pressão Kg/m ² Calcul.	ISC Corrig.
0,5	0,63	0,025	-	87	9,61		186	20,6		95	10,5	
1,0	1,27	0,050	-	179	19,78		425	47,0		192	21,2	
1,5	1,90	0,075	-	332	36,69		634	70,1		308	34,0	
2,0	2,54	0,100	70,31	534	59,01	59,0	801	88,5	88,5	437	48,3	68,7
3,0	3,81	0,150	-	691	76,36		1073	118,6		541	59,8	
4,0	5,08	0,200	105,46	789	87,19	87,2	1179	130,3	130,3	634	70,1	70,1
6,0	7,62	0,300	-	821	90,73		1204	133,1		678	74,9	
8,0	10,16	0,400	-									
10,0	12,70	0,500	-									

Curvas de Pressão / Penetração do I.S.C



APÊNDICES F

Planilhas – Estimativa de Custo

APÊNDICE F1

PLANILHA ORÇAMENTARIA									
Obra:	ESTABILIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA DE SOLO COM SEIXO OU BRITA								
Local:	AVENIDA TLO-03, JARDIM TAQUARI - PALMAS-TO								
Acadêmica:	ALINE CUNHA DA SILVA				SICRO ABRIL/2019 SEM DESONERAÇÃO				
1	Código	Banco	Descrição	Tipo	Unid.	Quant.	Valor Unit.	Total	
Composição	4011256	SICRO3	Base estabilizada granulometricamente com mistura solo brita (80% - 20%) na pista com material de subleito e brita comercial		m³	1,000	27,035	27,035	
A	Código	Banco	Equipamentos	Quant.	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário
					Operativa	Improdutiva	Operativa	Improdutiva	
Insumo	E9571	SICRO3	Caminhão tanque com capacidade de 10.000 l - 188 kW	1,000	0,810	0,190	192,035	48,460	164,756
Insumo	E9518	SICRO3	Grade de 24 discos rebocável de 24"	1,000	0,600	0,400	2,278	1,583	2,000
Insumo	E9524	SICRO3	Motoniveladora - 93 kW	1,000	1,000	0,000	186,300	77,507	186,300
Insumo	E9762	SICRO3	Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW	1,000	0,830	0,170	151,851	65,935	137,245
Insumo	E9685	SICRO3	Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido de 11,6 t - 82 kW	1,000	0,870	0,130	125,767	52,435	116,234
Insumo	E9577	SICRO3	Trator agrícola - 77 kW	1,000	0,600	0,400	88,495	31,691	65,773
Custo Horário de Equipamentos =>								672,308	
B	Código	Banco	Mão de Obra	Quant.	Salário Hora			Custo Horário	
Insumo	P9824	SICRO3	Servente	1,00			15,1011	15,1011	
Custo Horário da Mão de Obra =>								15,1011	
Adc.M.O. - Ferramentas (0,0%) =>								0,0000	
Custo Horário de Execução =>								687,4093	
Fator de Influencia da Chuva - FIC =>								0,0315	
Custo do FIC =>								0,1480	
Produção de Equipe =>								146,2305	
Custo Unitário de Execução =>								4,7009	
C	Código	Banco	Material	Quant.	Unid.	Preço Unitário		Custo Horário	
Insumo		Mercado	Solo Natural	m³	0,800	0,000		0,000	
Insumo		Mercado	Brita Granítica (incluso o transporte)	m³	0,200	111,670		22,334	
Custo Total do Material =>								22,334	
Custo Total =>								27,035	

2	Código	Banco	Descrição	Tipo	Unid.	Quant.	Valor Unit.	Total	
Composição	4011256	SICRO3	Base estabilizada granulometricamente com mistura solo brita (60% - 40%) na pista com material de subleito e brita comercial		m³	1,000	49,369	49,369	
A	Código	Banco	Equipamentos	Quant.	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário
Insumo	E9571	SICRO3	Caminhão tanque com capacidade de 10.000 l - 188 kW	1,000	Operativa	Improdutiva	Operativa	Improdutiva	
Insumo	E9518	SICRO3	Grade de 24 discos rebocável de 24"	1,000	0,810	0,190	192,035	48,460	164,756
Insumo	E9524	SICRO3	Motoniveladora - 93 kW	1,000	0,600	0,400	2,278	1,583	2,000
Insumo	E9762	SICRO3	Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW	1,000	1,000	0,000	186,300	77,507	186,300
Insumo	E9685	SICRO3	Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido de 11,6 t - 82 kW	1,000	0,830	0,170	151,851	65,935	137,245
Insumo	E9577	SICRO3	Trator agrícola - 77 kW	1,000	0,870	0,130	125,767	52,435	116,234
Custo Horário de Equipamentos =>								672,308	
B	Código	Banco	Mão de Obra	Quant.	Salário Hora			Custo Horário	
Insumo	P9824	SICRO3	Servente	1,00				15,1011	15,1011
Custo Horário da Mão de Obra =>								15,1011	
Adc.M.O. - Ferramentas (0,0%) =>								0,0000	
Custo Horário de Execução =>								687,4093	
Fator de Influencia da Chuva - FIC =>								0,0315	
Custo do FIC =>								0,1480	
Produção de Equipe =>								146,2305	
Custo Unitário de Execução =>								4,7009	
C	Código	Banco	Material	Quant.	Unid.	Preço Unitário		Custo Horário	
Insumo		Mercado	Solo Natural	m³	0,600		0,000	0,000	
Insumo		Mercado	Brita Granítica (incluso o transporte)	m³	0,400		111,670	44,668	
Custo Total do Material =>								44,668	
Custo Total =>								49,369	

3	Código	Banco	Descrição	Tipo	Unid.	Quant.	Valor Unit.	Total	
Composição	4011256	SICRO3	Base estabilizada granulometricamente com mistura solo seixo (80% - 20%) na pista com material de subleito e seixo comercial		m³	1,000	22,035	22,035	
A	Código	Banco	Equipamentos	Quant.	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário
					Operativa	Improdutiva	Operativa	Improdutiva	
Insumo	E9571	SICRO3	Caminhão tanque com capacidade de 10.000 l - 188 kW	1,000	0,810	0,190	192,035	48,460	164,756
Insumo	E9518	SICRO3	Grade de 24 discos rebocável de 24"	1,000	0,600	0,400	2,278	1,583	2,000
Insumo	E9524	SICRO3	Motoniveladora - 93 kW	1,000	1,000	0,000	186,300	77,507	186,300
Insumo	E9762	SICRO3	Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW	1,000	0,830	0,170	151,851	65,935	137,245
Insumo	E9685	SICRO3	Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido de 11,6 t - 82 kW	1,000	0,870	0,130	125,767	52,435	116,234
Insumo	E9577	SICRO3	Trator agrícola - 77 kW	1,000	0,600	0,400	88,495	31,691	65,773
Custo Horário de Equipamentos =>								672,308	
B	Código	Banco	Mão de Obra	Quant.	Salário Hora			Custo Horário	
Insumo	P9824	SICRO3	Servente	1,00				15,1011	15,1011
Custo Horário da Mão de Obra =>								15,1011	
Adc.M.O. - Ferramentas (0,0%) =>								0,0000	
Custo Horário de Execução =>								687,4093	
Fator de Influencia da Chuva - FIC =>								0,0315	
Custo do FIC =>								0,1480	
Produção de Equipe =>								146,2305	
Custo Unitário de Execução =>								4,7009	
C	Código	Banco	Material	Quant.	Unid.	Preço Unitário		Custo Horário	
Insumo		Mercado	Solo Natural	m³	0,800	0,000		0,000	
Insumo		Mercado	Seixo Britado (incluso o transporte)	m³	0,200	86,670		17,334	
Custo Total do Material =>								17,334	
Custo Total =>								22,035	

4	Código	Banco	Descrição	Tipo	Unid.	Quant.	Valor Unit.	Total	
Composição	4011256	SICRO3	Base estabilizada granulometricamente com mistura solo seixo (60% - 40%) na pista com material de subleito e seixo comercial		m³	1,000	39,369	39,369	
A	Código	Banco	Equipamentos	Quant.	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário
					Operativa	Improdutiva	Operativa	Improdutiva	
Insumo	E9571	SICRO3	Caminhão tanque com capacidade de 10.000 l - 188 kW	1,000	0,810	0,190	192,035	48,460	164,756
Insumo	E9518	SICRO3	Grade de 24 discos rebocável de 24"	1,000	0,600	0,400	2,278	1,583	2,000
Insumo	E9524	SICRO3	Motoniveladora - 93 kW	1,000	1,000	0,000	186,300	77,507	186,300
Insumo	E9762	SICRO3	Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW	1,000	0,830	0,170	151,851	65,935	137,245
Insumo	E9685	SICRO3	Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido de 11,6 t - 82 kW	1,000	0,870	0,130	125,767	52,435	116,234
Insumo	E9577	SICRO3	Trator agrícola - 77 kW	1,000	0,600	0,400	88,495	31,691	65,773
Custo Horário de Equipamentos =>								672,308	
B	Código	Banco	Mão de Obra	Quant.	Salário Hora			Custo Horário	
Insumo	P9824	SICRO3	Servente	1,00				15,1011	15,1011
Custo Horário da Mão de Obra =>								15,1011	
Adc.M.O. - Ferramentas (0,0%) =>								0,0000	
Custo Horário de Execução =>								687,4093	
Fator de Influencia da Chuva - FIC =>								0,0315	
Custo do FIC =>								0,1480	
Produção de Equipe =>								146,2305	
Custo Unitário de Execução =>								4,7009	
C	Código	Banco	Material	Quant.	Unid.	Preço Unitário		Custo Horário	
Insumo		Mercado	Solo Natural	m³	0,600		0,000	0,000	
Insumo		Mercado	Seixo Britado (incluso o transporte)	m³	0,400		86,670	34,668	
Custo Total do Material =>								34,668	
Custo Total =>								39,369	

5	Código	Banco	Descrição	Tipo	Unid.	Quant.	Valor Unit.	Total	
Composição	4011256	SICRO3	Base estabilizada granulometricamente com mistura solo brita (95,2% - 4,8%) na pista com material de subleito e brita comercial		m³	1,000	10,061	10,061	
A	Código	Banco	Equipamentos	Quant.	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário
					Operativa	Improdutiva	Operativa	Improdutiva	
Insumo	E9571	SICRO3	Caminhão tanque com capacidade de 10.000 l - 188 kW	1,000	0,810	0,190	192,035	48,460	164,756
Insumo	E9518	SICRO3	Grade de 24 discos rebocável de 24"	1,000	0,600	0,400	2,278	1,583	2,000
Insumo	E9524	SICRO3	Motoniveladora - 93 kW	1,000	1,000	0,000	186,300	77,507	186,300
Insumo	E9762	SICRO3	Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW	1,000	0,830	0,170	151,851	65,935	137,245
Insumo	E9685	SICRO3	Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido de 11,6 t - 82 kW	1,000	0,870	0,130	125,767	52,435	116,234
Insumo	E9577	SICRO3	Trator agrícola - 77 kW	1,000	0,600	0,400	88,495	31,691	65,773
Custo Horário de Equipamentos =>								672,308	
B	Código	Banco	Mão de Obra	Quant.	Salário Hora			Custo Horário	
Insumo	P9824	SICRO3	Servente	1,00			15,1011	15,1011	
Custo Horário da Mão de Obra =>								15,1011	
Adc.M.O. - Ferramentas (0,0%) =>								0,0000	
Custo Horário de Execução =>								687,4093	
Fator de Influencia da Chuva - FIC =>								0,0315	
Custo do FIC =>								0,1480	
Produção de Equipe =>								146,2305	
Custo Unitário de Execução =>								4,7009	
C	Código	Banco	Material	Quant.	Unid.	Preço Unitário		Custo Horário	
Insumo		Mercado	Solo Natural	m³	0,952		0,000	0,000	
Insumo		Mercado	Brita Granítica (incluso o transporte)	m³	0,048		111,670	5,360	
Custo Total do Material =>								5,360	
Custo Total =>								10,061	

6	Código	Banco	Descrição	Tipo	Unid.	Quant.	Valor Unit.	Total	
Composição	4011256	SICRO3	Base estabilizada granulometricamente com mistura solo seixo (90,9% - 9,1%) na pista com material de subleito e seixo comercial		m³	1,000	12,588	12,588	
A	Código	Banco	Equipamentos	Quant.	Utilização		Custo Operacional		Custo Horário
					Operativa	Improdutiva	Operativa	Improdutiva	
Insumo	E9571	SICRO3	Caminhão tanque com capacidade de 10.000 l - 188 kW	1,000	0,810	0,190	192,035	48,460	164,756
Insumo	E9518	SICRO3	Grade de 24 discos rebocável de 24"	1,000	0,600	0,400	2,278	1,583	2,000
Insumo	E9524	SICRO3	Motoniveladora - 93 kW	1,000	1,000	0,000	186,300	77,507	186,300
Insumo	E9762	SICRO3	Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW	1,000	0,830	0,170	151,851	65,935	137,245
Insumo	E9685	SICRO3	Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido de 11,6 t - 82 kW	1,000	0,870	0,130	125,767	52,435	116,234
Insumo	E9577	SICRO3	Trator agrícola - 77 kW	1,000	0,600	0,400	88,495	31,691	65,773
Custo Horário de Equipamentos =>								672,308	
B	Código	Banco	Mão de Obra	Quant.	Salário Hora			Custo Horário	
Insumo	P9824	SICRO3	Servente	1,00			15,1011	15,1011	
Custo Horário da Mão de Obra =>								15,1011	
Adc.M.O. - Ferramentas (0,0%) =>								0,0000	
Custo Horário de Execução =>								687,4093	
Fator de Influencia da Chuva - FIC =>								0,0315	
Custo do FIC =>								0,1480	
Produção de Equipe =>								146,2305	
Custo Unitário de Execução =>								4,7009	
C	Código	Banco	Material	Quant.	Unid.	Preço Unitário		Custo Horário	
Insumo		Mercado	Solo Natural	m³	0,909		0,000	0,000	
Insumo		Mercado	Seixo Britado (incluso o transporte)	m³	0,091		86,670	7,887	
Custo Total do Material =>								7,887	
Custo Total =>								12,588	








APÊNDICE F2

Trecho: Avenida TLO - 3		
SOLO	Comprimento (m):	690
	Largura da via (m):	14
	Espessura da Camada (m):	0,2
	Volume de material (m³):	1932

APÊNDICE F3

20% DE BRITA	
Valor do m³	R\$ 27,03
Valor Total	R\$ 52.231,43
40% DE BRITA	
Valor do m³	R\$ 49,37
Valor Total	R\$ 95.380,71
20% DE SEIXO	
Valor do m³	R\$ 22,03
Valor Total	R\$ 42.571,43
40% DE SEIXO	
Valor do m³	R\$ 39,37
Valor Total	R\$ 76.060,71
4,8% DE BRITA	
Valor do m³	R\$ 10,06
Valor Total	R\$ 19.437,97
9,1% DE SEIXO	
Valor do m³	R\$ 12,59
Valor Total	R\$ 24.319,76

Ferramentas Ajuda

E-mail: engsaline@gmail.com Modo de pesquisa: Buscar em arquivos da internet

Nome do arquivo de entrada	Relatório	Tempo	Progresso	Chance	Status	Principal	Remover
E:\TCC I\TCC - Parte escrita\TCC finalizado\2019-2 TCC2 ALINE CUNHA DA SILVA.pdf	Analisar	00:07:48	100%	1,14%	Ok		✘