

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JULIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**ESTABILIZAÇÃO DE SOLOS MISTURADOS COM ESCÓRIA DA PRODUÇÃO DE AÇO
(ACIARIA)**

IGOR MULLER DOS SANTOS

Orientador: Prof. Dr. Jairo Salim Pinheiro de Lima

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Engenharia do
Campus de Ilha Solteira – UNESP, como
parte dos requisitos para obtenção do grau
de Engenheiro Civil.

ILHA SOLTEIRA – SP

2024

IGOR MULLER DOS SANTOS

Orientador: Prof. Dr. Jairo Salim Pinheiro de Lima

**ESTABILIZAÇÃO DE SOLOS MISTURADOS COM ESCÓRIA DA PRODUÇÃO DE AÇO
(ACIARIA)**

ILHA SOLTEIRA – SP

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S237e Santos, Igor Muller dos.
Estabilização de solos misturados com escória da produção de aço (aciaria) /
Igor Muller Dos Santos. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024
127 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) -
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira,
2024

Orientador: Jairo Salim Pinheiro de Lima

Inclui bibliografia

1. Agregado artificial. 2. Escória de aciaria. 3. Estabilização granulométrica.
4. Índice de suporte Califórnia (CBR). 5. Pavimentação. 6. Rejeitos da
fabricação do aço.

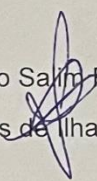
FOLHA DE APROVAÇÃO

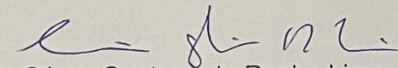
Aluno: Igor Muller dos Santos

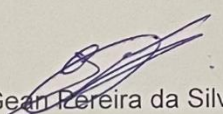
Título: "Estabilização de Solos Misturados com Escória da Produção de Aço (aciaria)"

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado como parte dos requisitos para obtenção do grau de Engenheiro Civil, junto ao Curso de Graduação em Engenharia Civil, da Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus de Ilha Solteira

COMISSÃO EXAMINADORA


Prof. Dr. Jairo Salim Pinheiro de Lima
UNESP – Campus de Ilha Solteira (Orientador)


Prof. Dr. César Gustavo da Rocha Lima
UNESP – Campus de Ilha Solteira


MSc. Gean Pereira da Silva Junior
UNESP – Campus de Ilha Solteira

Ilha Solteira

30/07/2024

Agradecimentos

Quero agradecer primeiramente a Deus por ter me auxiliado em toda a minha trajetória, me concedido força, fé e coragem para enfrentar os desafios.

Agradeço de coração aos meus pais, Osvaldo, Cláudia e meu irmão Gabriel, por tudo que fizeram por mim, porque, sem o apoio deles nada disso seria possível e todas as conquistas que obtive, dedico a eles.

À Pamela, por todo o amor e companheirismo, sempre participando de todas as minhas conquistas e lutas a todo momento.

Ao meu orientador e professor Jairo, que abordou inicialmente o tema nas suas aulas me fazendo refletir sobre a real importância do mesmo e me apoiou em todo o andamento da pesquisa.

Ao técnico de laboratório Ozias, quero expressar minha sincera gratidão por todo o apoio durante a fase de pesquisa, ensaios e pelo auxílio em todo o processo experimental.

Ao corpo docente de Engenharia Civil da FEIS, por todos os ensinamentos passados em sala de aula e que hoje aplico na minha carreira profissional.

Aos meus amigos, que conheci durante a graduação, que estiveram ao meu lado nos altos e baixos da minha caminhada. Um agradecimento especial aos moradores da República Cabô Caqui, que são mais que amigos, pois, considero como irmãos que a Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus de Ilha Solteira me proporcionou conhecer e revelaram-me que sozinhos não vencemos a inércia.

Por fim gostaria de agradecer ao grupo acadêmico que participei, o Cursinho Diferencial, como professor e coordenador, que me ensinou a vencer as adversidades e auxiliou na minha evolução tanto pessoal quanto profissional.

RESUMO

A escória de aciaria é um tipo de rejeito da fabricação do aço. Este agregado mostra-se adequado à utilização em estabilização de solos para pavimentos rodoviários. O uso desse tipo de rejeito reduz os custos e a degradação ambiental e mitiga a pressão sobre as jazidas naturais e aterros de bota-fora para rejeitos. Este trabalho propõe a utilização da escória de aciaria em estabilização granulométrica com solo de comportamento laterítico para aplicação da mistura nas camadas do pavimento rodoviário. Para isto, foram elaborados três diferentes dosagens de agregado artificial (a escória de aciaria): (55%, 65% e 75%) na relação com o solo seco, em substituição. Para agregar informações, também foram comparados os resultados do agregado artificial com o da agregado britado, brita 1, com as mesmas dosagens. Os dados do solo in natura foram empregados como referências. Os resultados evidenciaram que o aumento do CBR foi resultante da adição da escória de aciaria, confrontando os teores de agregado misturados com solo versus o solo puro (100%), comprovando os benefícios da estabilização granulométrica em pavimentos rodoviários.

Palavras chave: Agregado artificial. Escória de aciaria. Estabilização granulométrica. Índice de Suporte Califórnia (CBR). Pavimentação. Rejeitos da fabricação do aço.

ABSTRACT

Steel slag is a type of waste from steel manufacturing. This aggregate is suitable for use in soil stabilization for road pavements. The use of this type of waste reduces costs and environmental manipulation and mitigates the pressure on natural deposits and waste disposal landfills. This work proposes the use of steel slag in granulometric stabilization with soil with lateritic behavior to apply the mixture to the road pavement layers. For this, three different dosages of artificial aggregate (steel slag) were corrected: (55%, 65% and 75%) in relation to dry soil, in replacements. To add information, the results of artificial aggregate were also compared with crushed aggregate, gravel 1, with the same dosages. Fresh soil data were used as references. The results showed that the increase in CBR resulted from the addition of steel slag, comparing the contents of aggregates mixed with soil versus pure soil (100%), proving the benefits of granulometric stabilization in road pavements.

Keywords: Artificial aggregate. Steel slag. Granulometric stabilization. California Bearing Ratio (CBR). Paving. Rejects from steel manufacturing.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Escória de aciaria
- Figura 2 – Amostras separadas e pesadas.
- Figura 3 – Amostras de solo ensacadas.
- Figura 4 – Escória de aciaria armazenada.
- Figura 5 – Imersão do agregado britado.
- Figura 6 – Imersão da escória de aciaria.
- Figura 7 – Agregados submetidos a estufa para secagem, agregado artificial à esquerda e britado à direita.
- Figura 8 – Corpo-de-prova imerso.
- Figura 9 – Análise da penetração no Ensaio CBR.
- Figura 10 – Mistura estabilizada do solo-agregado.
- Figura 11 – Compactação do corpo-de-prova.
- Figura 12 – Detalhe das camadas do corpo-de-prova.
- Figura 13 – Arrasamento dos corpos-de-prova compactados.
- Figura 14 – Detalhe do arrasamento.
- Figura 15 – Corpos-de-prova imersos.
- Figura 16 – Corpos-de-prova secando.
- Figura 17 – Pesagem do corpo-de-prova + molde.
- Figura 18 – Rompimento dos corpos-de-prova.
- Figura 19 – Detalhamento dos corpos-de-prova após ruptura.
- Figura 20 – Dosagem com 55% de escória de aciaria e brita 1.
- Figura 21 – Detalhe da dosagem com 55% de agregado.
- Figura 22 – Detalhe da dosagem com 65% de escória de aciaria e brita 1.
- Figura 23 – Detalhe da dosagem com 65% de agregado.
- Figura 24 – Detalhe da dosagem com 75% de escória de aciaria e brita 1.
- Figura 25 – Detalhe da dosagem com 75% de agregado.
- Figura 26 – Curva Granulométrica do solo.
- Figura 27 – Planilha de classificação TRB dos solos.
- Figura 28 – Curva de Compactação, energia do Proctor Intermediário.
- Figura 29 – Curva de penetração do solo 100%.

Figura 30 – Curva granulométrica da escória de aciaria.

Figura 31 – Curva granulométrica da brita 1.

Figura 32 – Comparação das curvas granulométricas dos agregados.

Figura 33 – Curva CBR da mistura com 55% de escória de aciaria.

Figura 34 – Curva CBR da mistura com 65% de escória de aciaria.

Figura 35 – Curva CBR da mistura com 75% de escória de aciaria.

Figura 36 – Curva CBR da mistura com 55% de brita 1.

Figura 37 – Curva CBR da mistura com 65% de brita 1.

Figura 38 – Curva CBR da mistura com 75% de brita 1.

Figura 39 – Comparação das curvas CBR da mistura com a escória de aciaria.

Figura 40 – Comparação das curvas CBR da mistura com a brita 1.

Figura 41 – Curvas CBR versus dosagem da mistura com a escória e com brita 1.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados obtidos do ensaio de peneiramento.

Tabela 2 – Dados do ensaio de limite de liquidez.

Tabela 3 – Ensaio de limite de plasticidade.

Tabela 4 – Coeficientes para classificação MCT do solo.

Tabela 5 – Dados obtidos na compactação Proctor Intermediário.

Tabela 6 – Dados obtidos no ensaio de CBR.

Tabela 7 – Dados do peneiramento da escória (agregado artificial).

Tabela 8 – Dados do peneiramento do agregado britado.

Tabela 9 – Massa específica e absorção dos agregados.

Tabela 10 – Valores de CBR e expansão das misturas estabilizadas.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Dados obtidos do ensaio com o solo.

Quadro 2 – Referências para o uso do solo na pavimentação.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	2
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
3.1 Concepções gerais	3
3.2 Pavimentação rodoviária	3
3.3 Estabilização de pavimentos	3
3.4 Solos de comportamento laterítico.....	4
3.5 Escória de aciaria	4
3.6 Ensaio Índice de Suporte California (ISC)	5
4. METODOLOGIA.....	7
4.1 Origem da matéria-prima.....	7
4.2 Preparação do solo.....	7
4.3 Preparação dos agregados.....	8
4.4 Ensaios realizados com o solo	10
4.4.1 Ensaio Granulométrico	10
4.4.2 Classificação TRB	10
4.4.3 Classificação MCT.....	10
4.4.4 Ensaio de Compactação Proctor	11
4.4.5 Ensaio CBR e de Expansão	11
4.5 Ensaios realizados com os agregados artificiais e britados.....	13
4.5.1 Ensaio de peneiramento	13
4.5.2 Determinação da massa específica e da absorção de água	14
4.6 Ensaios do solo com agregados artificiais e britados.....	15
4.6.1 Ensaio de CBR do solo-agregado	15
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	24
5.1 Ensaios com o solo.....	24

5.1.1	Granulometria do solo.....	24
5.1.2	Classificação TRB.....	25
5.1.3	Classificação MCT – Miniatura Compactado Tropical	27
5.1.4	Ensaio de Compactação do solo	28
5.1.5	Ensaio de CBR do solo	29
5.2	Ensaio efetuados com os agregados	30
5.2.1	Ensaio de peneiramento	30
5.2.2	Massa específica e absorção dos agregados	33
5.3	Ensaio com o solo estabilizado com os agregados	33
6.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA PRÓXIMOS TRABALHOS	40
6.1	Conclusões	40
6.2	Recomendações para próximos trabalhos.....	40
	REFERÊNCIAS.....	41
	ANEXOS.....	44

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho realiza estudos envolvendo misturas estabilizadas de escória de aciaria, denominado agregado artificial, com solo de caráter laterítico, no intuito de avaliar se estas misturas possuem resistência e expansão adequadas para o uso em camadas do pavimento rodoviário.

Pedrosa (2010) sugere que o uso de escória de aciaria reduz custos e degradação ambiental gerada pela extração de materiais das jazidas naturais. Este material vantagens versus a brita, desde que, esteja perto do seu local de geração.

De acordo com Freitas e Motta (2008), o agravante do uso de escória é a sua capacidade de expansão devido aos teores de óxido de cálcio (CaO) e óxido de magnésio (MgO) presentes na sua composição.

A reação entre a água e o Óxido de Cálcio livre presente na escória de aciaria forma compostos volumetricamente menores, porém, com hidratação, as partículas entram em processo de expansão (Baltazar, 2001).

Para Cardoso e Dias (2014), diversos países utilizam a escória de aciaria em pavimentação rodoviária. Entretanto, com o surgimento de trincas devido a expansão volumétrica, a sua aplicação ficou restrita à obras de menor responsabilidade técnica.

Do ponto de vista técnico e econômico, a utilização da escória de aciaria caracteriza redução de custos se comparada a agregados convencionais, podendo ser usada nas diferentes camadas do pavimento (ROHDE, 2002).

Desta forma, a estabilização granulométrica do solo de comportamento laterítico com rejeito do beneficiamento do aço pode representar uma alternativa sustentável, por mitigar os impactos ambientais resultantes do seu descarte conjuntamente com o impacto da mineração para obter o material britado.

Diante do exposto, este trabalho visa avaliar o comportamento e as condições ideais para o uso de misturas estabilizadas de solo de comportamento laterítico e escória de aciaria.

2. OBJETIVO

2.1 Objetivos gerais

O objetivo geral deste trabalho é avaliar a qualidade geotécnica de misturas de um solo de comportamento laterítico com agregado artificial (escória) derivado da indústria siderúrgica, para uso em pavimentação rodoviária. Nesse contexto:

- determinar as características físicas do solo de comportamento laterítico utilizado na mistura;
- identificar as características dos agregados empregados: a escória de aciaria e a brita;
- determinar o Índice de Suporte Califórnia (ISC) e o Índice de Expansão das misturas;
- identificar as características dos agregados empregados, tanto a escória de aciaria quanto a brita.

2.2 Objetivos específicos

Avaliar o comportamento das misturas de solo com diferentes agregados.

Avaliar diferentes misturas estabilizadas granulométricamente utilizando substituição em volume nas proporções.

Aferir e comparar os valores de ISC e Expansão das misturas elaboradas com diferentes agregados e variadas dosagens de preparo.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Concepções gerais

O incentivo inicial deste trabalho foi a utilização da escória de aciaria em novos produtos para a pavimentação de vias. Desta forma, a revisão bibliográfica almeja formar contribuições, abrangendo aspectos ambientais, econômicos e técnicos para elucidar o conhecimento da escória de aço como matéria-prima alternativa nas camadas do pavimento.

3.2 Pavimentação rodoviária

De acordo com DNIT IPR 719 – Manual de Pavimentação (2006), o pavimento de uma rodovia é a superestrutura formada por um sistema de camadas de espessuras finitas, assentes sobre um semi-espaco considerado, teoricamente, como infinito, designado de subleito.

De forma geral, um pavimento classificado como flexível é aquele que sofre deformação elástica significativa quando submetido a um carregamento, tendo a carga distribuída em parcelas, aproximadamente equivalentes, entre as camadas (DNIT, 2006).

As amostras utilizadas nas camadas do pavimento deverão possuir os parâmetros especificados abaixo, segundo DNIT (2006): Material para execução de reforço de subleito: $\text{CBR} \geq 12\%$, expansão $\leq 1,0\%$; Material para execução de sub-base: $\text{CBR} \geq 20\%$, expansão $\leq 1,0\%$; Material para execução de base de pavimento: Para o número de repetições do eixo padrão ($N > 5.10^6$): $\text{CBR} \geq 80\%$, expansão $\leq 0,5\%$ e, para ($N \leq 5.10^6$): $\text{CBR} \geq 60\%$, expansão $\leq 0,5\%$.

3.3 Estabilização de pavimentos

A estabilização de um solo atribui condições para resistir às deformações e rupturas durante o tempo em que permanecer cumprindo funções que exigem tais características, seja num pavimento ou em qualquer tipo de obra (Senço, 2001).

A estabilização pode ser feita por meios mecânicos, químicos e granulométricos. O método mecânico é aquele sem adição de material alternativo ao solo, ocasionando aumento da densidade do solo, agregando melhora na resistência mecânica e durabilidade do mesmo. Reduz o volume de vazios do solo quando compactado com uma energia determinada.

A estabilização química consiste na adição de produtos estabilizantes que reagem quimicamente, preenchendo os poros do solo. Dentre os materiais, os mais utilizados são o cimento, a cal, pozolana e resíduos industriais.

A estabilização granulométrica consiste de camadas constituídas por solos, britas de rochas, escória de alto forno, ou ainda, pela mistura desses materiais. (DNIT, 2006).

3.4 Solos de comportamento laterítico

A gênese é o fator determinante para classificar os solos tropicais. O comportamento laterítico ou não laterítico dos solos tropicais é indicado pelo método miniatura compactado tropical (MCT) (Nogami e Villibor, 2009).

Alguns solos tropicais eram descartados por possuírem elevados limite de liquidez (LL) e índice de plasticidade (IP) e grande quantidade de material passando na peneira 200 (0,075 mm). Porém, com o passar dos anos, utilizando o ensaio CBR obtiveram-se valores significativos com os solos lateríticos, confirmando a boa qualidade do material. (Nogami e Villibor, 2009).

3.5 Escória de aciaria

De acordo com (Nehmi, 1980 apud Machado, 2000):

Existem diferentes processos na produção ou refino do aço, o método utilizado na fabricação do agregado artificial foi o Forno Elétrico a Arco (FEA). O processo baseia-se na fusão de sucata de aço, produzido por um arco elétrico, formado entre o aço e os eletrodos de grafita ou carvão amorfo. Após a fusão da sucata, é adicionado oxigênio para promover as reações de oxidação do Carbono (C), Silício (Si) e Fósforo (P) (Nehmi, 1980 apud Machado, 2000).

Segundo Machado, (2000):

A adição da cal dolomítica visa proteger o recobrimento refratário do forno. Portanto, a escória de aciaria elétrica é o produto resultante da combinação de CaO e MgO com os elementos a serem retirados por oxidação da sucata metálica, formando silicatos e óxidos (Machado, 2000).

No final do processo de refino, após a oxidação do fósforo e do silício, quando a cal adicionada ao processo de refino ultrapassa os limites de solubilidade da escória fundida, ocorre a precipitação de cal e magnésio. Isto causa elevados teores de CaO e MgO reativos na escória (Machado, 2000).

Normalmente as escórias (FEA) apresentam composição química homogênea e pequena quantidade de Óxido de Cálcio (CaO), promovendo características menos expansivas (Baltazar, 2001).

Figura 1 – Escória de aciaria.



Fonte: Próprio autor (2023).

Segundo o Anuário Estatístico do Instituto Aço Brasil. – 2023, foi produzido no ano referência de 2022 cerca de 34.089.000 toneladas de escória de aciaria, sendo 8.107.000 toneladas referentes a escória de aciaria produzida por forno elétrico a arco (FEA).

Alvarenga *et al.* (2001), após analisar e comparar os custos de pavimentos flexíveis dimensionados pelo Método Mecanístico-Empírico, utilizando escória de aciaria como camada de base, concluíram que o seu uso é adequado na camada, por apresentar valores de módulo de resiliência parecidos com o da brita e também uma pouca variação de umidade .

Para Rohde, Nunez e Ceratti (2003), a escória de aciaria elétrica tem condições de ser utilizada como agregado para as camadas de base e sub-base de pavimentos, oferecendo melhoria técnica e benefícios econômicos e ambientais.

No presente trabalho as misturas estabilizadas de solo de comportamento laterítico com escória de aciaria são comparadas com misturas de solo-brita, tomando-se como referência o solo in natura.

3.6 Ensaio Índice de Suporte Califórnia (ISC)

A ABNT NBR 9895 (2016) – Solo – Índice de Suporte Califórnia, é a norma que

define o método de ensaio para determinar a capacidade dos materiais em pavimentação.

O ensaio é constituído por três etapas. A primeira é a compactação do corpo-de-prova, que pode ser realizado com a energia Proctor normal (12 golpes), intermediária (26 golpes) ou modificada (55 golpes). Após a compactação, os corpos-de-prova são imersos em água por 96 horas, obtendo-se os valores de expansão do material. Após a imersão, o corpo-de-prova é submetido à penetração de um pistão cilíndrico de 2" de diâmetro e velocidade constante de 1,27 mm/min. Esta curva de penetração é comparada com a curva do corpo-de-prova padrão, de onde se obtém o CBR do material.

4. METODOLOGIA

4.1 Origem da matéria-prima

O solo empregado como referência para as misturas provém da jazida Torre II, localizada no município de Ilha Solteira – SP.

O agregado de material britado (brita 1) foi obtido no próprio Laboratório de Estradas e Pavimentação, do Departamento de Engenharia Civil.

A escória de aciaria foi fornecida pela empresa Bracell Bahia Florestal, de Alagoinhas – BA.

4.2 Preparação do solo

As amostras de solo foram separadas em pequenas porções e pesadas (Figura 2). Depois, elas foram armazenadas em sacos plásticos para evitar contaminação (Figura 3).

Figura 2 – Amostras separadas e pesadas.



Fonte: Próprio autor (2023).

Figura 3 – Amostras de solo ensacadas.



Fonte: Próprio autor (2023).

4.3 Preparação dos agregados

O agregado artificial foi armazenado em uma caixa plástica para evitar contaminação (Figura 4).

Figura 4 – Escória de aciaria armazenada.



Fonte: Próprio autor (2023).

O agregado britado e a escórial foram imersos em água para a saturação prévia (Figuras 5 e 6). Outra porção dos agregados foi colocada em estufa (Figura 7).

Figura 5 – Imersão do agregado britado.



Fonte: Próprio autor (2023).

Figura 6 – Imersão da escória de aciaria.



Fonte: Próprio autor (2023).

Figura 7 – Agregados submetidos a estufa para secagem, agregado artificial à esquerda e britado à direita.



Fonte: Próprio autor (2023).

4.4 Ensaios realizados com o solo

4.4.1 Ensaio Granulométrico

Foi realizado o peneiramento do solo com base na ABNT NBR 7181 (2016) – Solo – Análise granulométrica, conjuntamente, com a ABNT NBR NM-ISO 2395 (1997) – Peneiras de ensaio e ensaio de peneiramento, no qual foi necessário utilizar peneiras intermediárias devido à uniformidade do solo. Os valores obtidos estão apresentados no item 5.1.1 do tópico Resultados e Discussões.

4.4.2 Classificação TRB

Realizaram-se os ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, amparados pelas normas: ABNT NBR 6459 (2017) e ABNT NBR 7180 (2016). Os parâmetros físicos aferidos estão dispostos no item 5.1.2 de Resultados e Discussões.

4.4.3 Classificação MCT

O ensaio mini-MCV (miniatura, compactado, valor) foi elaborado de acordo com DNER – ME 258 (1994) e DNER – ME 256 (1994), obtendo os valores de ensaio de Mini-MCV e Perda por Imersão, respectivamente, disponibilizados no Anexo A deste trabalho.

4.4.4 Ensaio de Compactação Proctor

Foi realizado o ensaio de acordo com a ABNT NBR 7182 (Versão Corrigida, 2020) – Solo – Ensaio de compactação.

Elaboraram-se 5 corpos-de-prova para aferir o teor de umidade ótima (w_{ot}) e a massa específica aparente seca máxima ($\rho_{d\ max}$). A compactação foi executada com a energia do Proctor intermediário, com 5 camadas e 26 golpes em cada camada.

O cálculo do teor de umidade de cada amostra foi calculado conforme a Equação 1 e a massa específica foi obtida pela Equação 2.

$$W = \frac{M_a \times 100}{M_s} \quad (1)$$

Onde:

- W – teor de umidade do solo (%);
- M_a – massa de água compreendida na amostra (g);
- M_s – massa de solo seco (g).

$$\rho_d = \frac{M_w \cdot 100}{V \cdot (100 + W)} \quad (2)$$

Sendo:

- ρ_d – massa específica aparente seca (g/cm³);
- M_w – massa úmida do corpo-de-prova (g);
- V – volume do corpo-de-prova (cm³).

4.4.5 Ensaio CBR e Expansão

Os ensaios de CBR e expansão foram realizados de acordo com as normas: ABNT NBR 9895 (2016) – Solo – Índice de Suporte Califórnia (ISC); ABNT NBR 6457 (2016) – Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização; ABNT NBR 7182 (2016) – Solo – Ensaio de compactação. As amostras foram compactadas adotando a energia intermediária.

Após a moldagem, os corpos-de-prova foram preparados para o Ensaio de Expansão e submetidos à imersão por 96 horas (4 dias) (Figura 8).

Figura 8 – Corpo-de-prova imerso.



Fonte: Próprio autor (2023).

A expansão do solo foi obtida pela variação entre os volumes inicial e final do corpo-de-prova, de acordo com a Equação 3.

$$\text{Expansão (\%)} = \frac{\text{Leitura final} - \text{Leitura inicial}}{\text{Altura inicial}} \quad (3)$$

Com os dados obtidos após a imersão, os corpos-de-prova foram rompidos na prensa CBR (Figura 9), para determinar a curva da carga (Kgf) versus penetração (mm). O valor de CBR do solo reflete ao valor obtido na curva de CBR por teor de umidade ótima.

Devido ao anel dinamométrico possuir 4000 Kgf, para obtenção do valor de carga em Kgf foi multiplicada a deformação por um valor constante, de acordo com a Equação 4.

Figura 9 – Análise da penetração no Ensaio CBR.



Fonte: Próprio autor (2023).

$$\text{Carga (Kgf)} = \text{Deformação} \times 2,028 \quad (4)$$

Para calcular o valor de CBR, foram consideradas nos cálculos as cargas correspondentes às penetrações 2,54 mm e 5,08 mm. Em seguida, por meio da Equação 5, equiparou-se com a carga padrão.

$$\text{CBR (\%)} = \frac{\text{Pressão calculada}}{\text{Pressão padrão}} \times 100 \quad (5)$$

4.5 Ensaios realizados com os agregados artificiais e britados

4.5.1 Ensaio de peneiramento

No intuito de avaliar diversos parâmetros físicos da escória de aciaria e da brita, realizou-se o ensaio de peneiramento para obter a curva granulométrica do agregado, com base nas seguintes normas: ABNT NBR 17054 – Agregados – Determinação da composição granulométrica – Método de ensaio (2022); DNER-ME 083/98 – Agregados – Análise granulométrica (1998); NBR NM-ISO 2395 (1997).

4.5.2 Determinação da massa específica e da absorção de água

O ensaio para determinar a massa específica e a absorção do material foi realizado de acordo com a norma DNER-ME 195/97: Agregados – determinação da absorção e da massa específica de agregado graúdo. Os agregados foram lavados e colocados na estufa à temperatura de 105°C (Figura 6). Depois, os agregados permaneceram imersos durante 24 horas, tanto a brita (Figura 4) quanto a escória de aciaria (Figura 5).

Numa segunda etapa, foram efetuados os cálculos de massa específica dos agregados (Equação 6), massa específica aparente seca (Equação 7), índice de vazios na amostra (Equação 8) e absorção de água (Equação 9).

$$\rho_s = \frac{A}{B-C} \quad (6)$$

Onde:

- ρ_s – massa específica do agregado (g/cm³);
- A – massa da amostra seca em estufa (g);
- B – massa da amostra na condição saturada superfície seca (g);
- C – massa da amostra submersa em água na condição saturada superfície seca (g).

*Nota: o valor da diferença numérica entre a massa do agregado na condição saturada superfície seca (massa do agregado seca + umidade) subtraída da leitura correspondente ao agregado imerso em água é igual ao volume do agregado (V_{real}).

Com base no Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 aulas (Souza Pinto, C., 2006), as relações para os Índices Físicos são expressas conforme as Equações 7, 8 e 9).

$$\rho_d = \frac{M_s}{V} \quad (7)$$

Onde:

- ρ_d = massa específica aparente seca do agregado (g/cm³);
- M_s = massa seca do agregado (g);
- V = volume da amostra (cm³).

$$e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1 \quad (8)$$

Onde:

- e = índice de vazios;
- ρ_d = massa específica aparente seca do agregado (g/cm^3);
- ρ_s = massa específica do agregado (g/cm^3).

$$\text{Abs} = \frac{m_B - m_A}{m_A} \times 100 \quad (9)$$

Sendo:

- Abs – absorção de água, expressa em porcentagem (%);
- m_A – massa da amostra seca em estufa (g);
- m_B – massa da amostra na condição saturada superfície seca (g).

4.6 Ensaios do solo com agregados artificiais e britados

4.6.1 Ensaio de CBR do solo-agregado

Para avaliar o comportamento das misturas dos solos lateríticos com agregados artificiais e britados quando compactados com o teor de umidade ótima, foram dosadas misturas com diferentes teores (de 55% a 75%) de agregado, considerando-se o volume de material seco e em substituição.

O ensaio de CBR foi realizado no solo e nas misturas de solo com brita e solo com escória de aciaria. Observar que o CBR deve ser executado em amostras com o teor ótimo de umidade. Desta forma, as amostras foram preparadas (Figura 10) e 24 horas depois, foram compactadas (Figura 11). A energia adotada foi a do Proctor intermediário (Figura 12).

Figura 10 – Mistura estabilizada do solo-agregado.



Fonte: Próprio autor (2023).

Figura 11 – Compactação do corpo-de-prova.



Fonte: Próprio autor (2023).

Figura 12 – Detalhe das camadas do corpo-de-prova.



Fonte: Próprio autor (2023).

Após a compactação, os corpos-de-prova foram arrasados (Figura 13 e Figura 14), e submetidos a imersão em água por 96 horas conforme Figura 15.

Figura 13 – Arrasamento dos corpos-de-prova compactados.



Fonte: Próprio autor (2023).

Figura 14 – Detalhe do arrasamento.



Fonte: Próprio autor (2023).

Figura 15 – Corpos-de-prova imersos.



Fonte: Próprio autor (2023).

Passadas as 96 horas de imersão, os corpos-de-prova foram deixados por 15

minutos secando (Figura 16) e foi aferido o peso do corpo-de-prova + molde (Figura 17). Em seguida, foi realizado o rompimento dos mesmos na prensa manual (Figura 18), e detalhado na Figura 19.

Figura 16 – Corpos-de-prova secando.



Fonte: Próprio autor (2023).

Figura 17 – Pesagem do corpo-de-prova + molde.



Fonte: Próprio autor (2023).

20 e 21); 65% de agregado + 35% de solo (Figuras 22 e 23); 75% de agregado + 25% de solo (Figuras 24 e 25).

Figura 20 – Dosagem com 55% de escória de aciaria e brita 1.



Fonte: Próprio autor (2023).

Figura 21 – Detalhe da dosagem com 55% de agregado.



Fonte: Próprio autor (2023).

Figura 22 – Detalhe da dosagem com 65% de escória de aciaria e brita 1.



Fonte: Próprio autor (2023).

Figura 23 – Detalhe da dosagem com 65% de agregado.



Fonte: Próprio autor (2023).

Figura 24 – Detalhe da dosagem com 75% de escória de aciaria e brita 1.



Fonte: Próprio autor (2023).

Figura 25 – Detalhe da dosagem com 75% de agregado.



Fonte: Próprio autor (2023).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Ensaios com o solo

5.1.1 Granulometria do solo

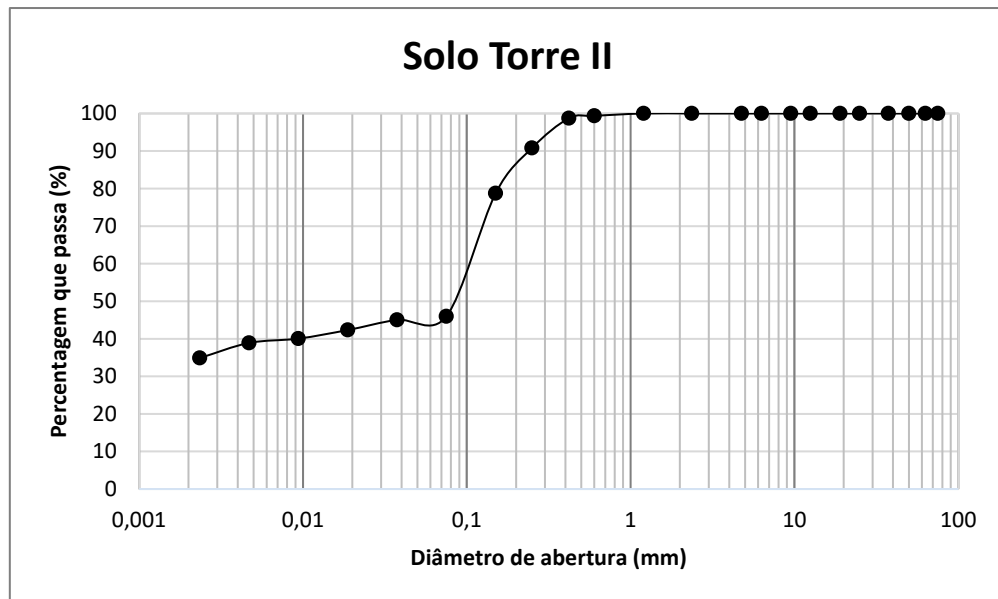
A Tabela 1 resume os dados obtidos no ensaio de peneiramento do solo empregado neste trabalho. A Figura 25 representa a curva granulométrica deste solo.

Tabela 1 – Dados obtidos do ensaio de peneiramento.

DIÂMETRO DE ABERTURA (mm)	MASSA RETIDA (g)	% RETIDA	% RETIDA ACUMULADA	% PASSADA NA PENEIRA
75	0	0	0	100
63	0	0	0	100
50	0	0	0	100
37,5	0	0	0	100
25	0	0	0	100
19	0	0	0	100
12,5	0	0	0	100
9,5	0	0	0	100
6,3	0	0	0	100
4,75	0	0	0	100
2,36	0	0	0	100
1,2	0	0	0	100
0,6	2,05	0,65	0,65	99,35
0,42	4,00	1,27	1,92	98,73
0,25	28,95	9,19	11,11	90,81
0,15	66,97	21,26	32,37	78,74
0,075	170,26	54,05	86,42	45,95
0,038	21,41	54,95	93,22	45,05
0,019	10,35	57,67	96,50	42,33
0,009	6,50	59,95	98,57	40,05
0,005	3,45	61,1	99,66	38,9
0,002	1,02	65,12	99,99	34,88
FUNDO	0,05	13,58	100,00	0
TOTAL	315	100	-	-

Fonte: Próprio autor (2023).

Figura 26 – Curva granulométrica do solo.



Fonte: Próprio autor (2023).

5.1.2 Classificação TRB

Os dados para determinar a classe TRB da amostra de solo estão resumidos no Quadro 1. A Tabela 2 registra os dados referentes ao ensaio de limite de liquidez (LL). A Tabela 3 indica os valores para determinar o limite de plasticidade (LP). Com base nestes dados foi calculado o índice de grupo (IG), cujo valor é: 8.

Quadro 1 – Dados obtidos do ensaio com o solo.

Índices físicos	Valor
Limite de liquidez	21 %
Limite de plasticidade	14 %
Índice de plasticidade	7 %
Índice de escoamento	0,8 %
Índice de tenacidade	9 %

Fonte: Próprio autor (2023).

Tabela 2 – Dados do ensaio de limite de liquidez.

Variáveis	Cápsulas		
Rec. nº	4	28	86
Amostra + tara + w (g)	19,13	18,33	16,42
Amostra + tara (g)	17,92	17,46	14,81
Água - w (g)	1,21	0,87	1,61
Tara (g)	11,76	13,05	7,62
Amostra seca (g)	6,16	4,41	7,19
Teor de w (%)	19,64	19,73	22,39
Número de golpes	30	23	19

Fonte: Próprio autor (2023).

Tabela 3 – Ensaio de limite de plasticidade.

Variáveis	Cápsulas		
Rec. nº	95	27	63
Amostra+T+w (g)	9,25	15,86	11,67
Amostra+T (g)	8,98	15,67	11,47
w (g)	0,27	0,19	0,20
T (g)	7,08	14,19	10,00
Amostra seca (g)	1,90	1,48	1,47
Teor de w (%)	14,21	12,84	13,61

Fonte: Próprio autor (2023).

A classe TRB do solo é definida com base nos dados de granulometria, índices físicos e índice de grupo. Os valores passantes nas peneiras de #10, #40 e #200 (Tabela 1) foram, respectivamente: 100%, 98,73% e 45,95%. Os índices físicos estão resumidos no Quadro 1. A Figura 27 relaciona as classes dos solos de acordo com aquelas variáveis.

Figura 27 – Planilha de classificação TRB dos solos.

Classificação Geral	Materiais granulares (35% ou menos passando na peneira nº 200)							Materiais siltosos e argilosos (mais de 35% passando na peneira nº 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 / A-7-6
Peneiração: % que passa: Nº 10 Nº 40 Nº 200 (p)	50 máx. 30 máx. 15 máx.	50 máx. 25 máx.	51 mín. 10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características da fração que passa nº 40 Limite de Liquidez - LL (%) Índice de Plasticidade IP (%)				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo	0		0	0		4 máx.		8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Materiais que predominam	Pedra Britada pedregulho e areia		Areia fina	Areia e areia silosa ou argilosa				Solos Siltosos		Solos argilosos	
Comportamento geral como subleito	Excelente a bom							Fraco a pobre			

Fonte: Manual de Pavimentação (DNIT, 2006).

Portanto, o solo utilizado no ensaio é classificado como A-4 (IG: 8). O solo estudado é siltoso não plástico ou moderadamente plástico. O seu comportamento como subleito é de fraco a pobre, sendo caracterizado como material de bota-fora.

5.1.3 Classificação MCT – Miniatura Compactado Tropical

O método de classificação TRB não representa a realidade quando é considerado um solo tropical. O ensaio MCT supera essa dificuldade. Os dados obtidos no ensaio de mini-MCV e perda por imersão encontram-se no Anexo A deste trabalho. Os valores dos coeficientes encontrados para a classificação MCT estão na Tabela 4.

Tabela 4 – Coeficientes para a classificação MCT do solo.

c'	d' (Kg/m³)	e'	PI (%)
1,19	175,7	1,01	8,85

Fonte: Próprio autor (2023).

Com base nos coeficientes, o solo é classificado como de comportamento Laterítico Arenoso, de Classe LA' – Tipo II, caracterizado por elevado CBR e baixa expansão. Para Nogami e Villibor (2009), este solo pode ser utilizado em subleito e camadas de reforço do subleito, sub-base e base de pavimentos.

5.1.4 Ensaio de Compactação do solo

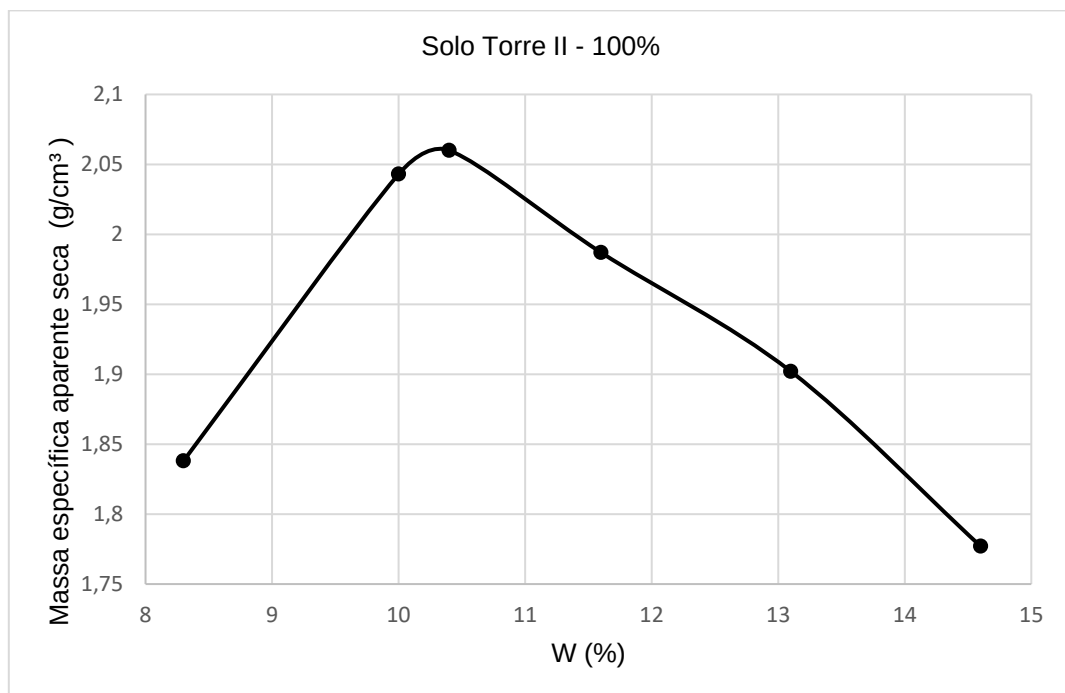
Os dados do ensaio de compactação estão na Tabela 5 e permitem plotar a curva de compactação (Figura 28) para determinar o teor ótimo de umidade (w_{ot}) e a massa específica aparente seca máxima ($\rho_{d \text{ máx}}$). Dados primários no Anexo B.

Tabela 5 – Dados obtidos na compactação Proctor Intermediário.

Nº da amostra	Teor de umidade (%)	Massa específica aparente seca (g/cm^3)	w_{ot} (%)	$\rho_{d \text{ máx}}$ (g/cm^3)
1	8,3	1,838	10,4	2,060
2	10	2,043		
3	10,4	2,060		
4	11,6	1,987		
5	13,1	1,902		
6	14,6	1,777		

Fonte: Próprio autor (2023).

Figura 28 – Curva de compactação, energia do Proctor intermediário.



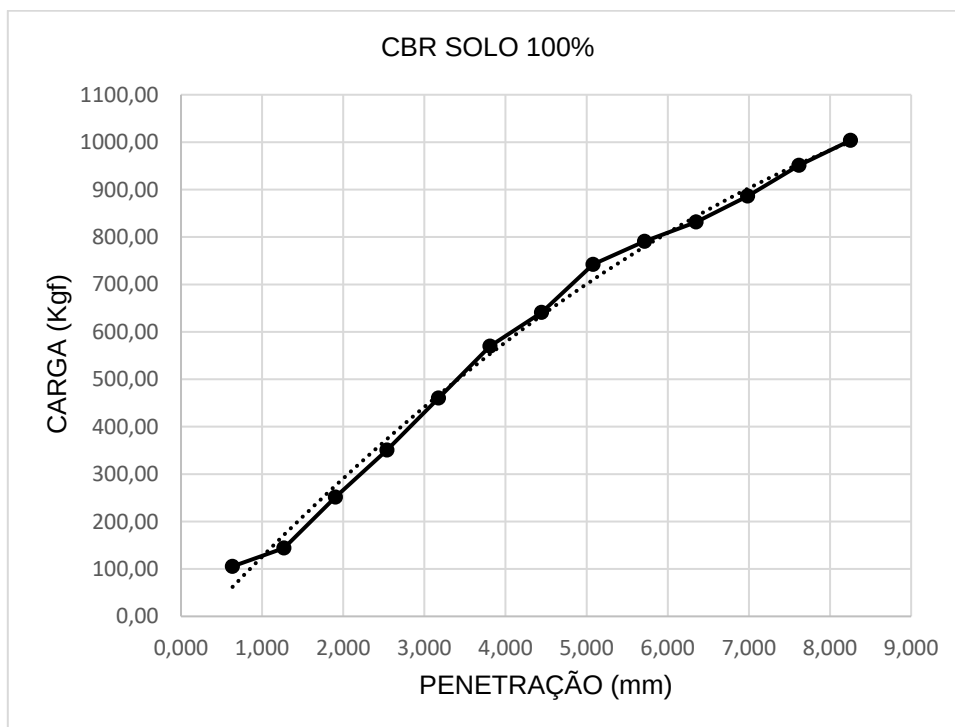
Fonte: Próprio autor (2023).

5.1.5 Ensaio de CBR do solo

O ensaio de CBR foi realizado adotando como referência a massa específica aparente seca máxima e o teor de umidade ótima. A curva de penetração (Figura 29) resulta do ensaio de carga nos corpos-de-prova e determinar o CBR do solo. A Tabela

6 indica os valores do ensaio de CBR e expansão. As demais informações relacionadas a este ensaio encontram-se no Anexo C.

Figura 29 – Curva de penetração do solo 100%.



Fonte: Próprio autor (2023).

Tabela 6 – Dados obtidos no ensaio de CBR.

Penetração (mm)	CBR (%)	CBR do solo (%)	Expansão (%)
2,54	28,4	36,7	0,08
5,08	36,7		

Fonte: Próprio autor (2023).

De acordo com o Manual de Pavimentação (DNIT, 2006), no método de dimensionamento de pavimentos flexíveis, a premissa é que os materiais devem possuir características (Quadro 2) para serem utilizados nas camadas dos pavimentos rodoviários.

Quadro 2 – Referências para o uso do solo em pavimentação.

Camada	CBR (%)	Expansão (%)
Subleito	≥ 2	≤ 2
Reforço do subleito	$>$ Subleito	≤ 1
Sub-base	≥ 20	≤ 1
Base	≥ 80 para $N > 5 \times 10^6$ e ≥ 60 para $N \leq 5 \times 10^6$	$\leq 0,5$

Fonte: Adaptado do Manual de Pavimentação (DNIT, 2006).

Avaliando os valores de CBR e expansão com base nos parâmetros recomendados pelo Manual de Pavimentação (DNIT, 2006), nota-se que o solo pode ser usado como subleito, reforço do subleito e sub-base.

5.2 Ensaios efetuados com os agregados

5.2.1 Ensaio de peneiramento

Os agregados (escória e brita) foram submetidos ao ensaio de granulometria. Os resultados estão apresentados nas Tabelas 7 e 8.

Com base nos dados do peneiramento, foi possível traçar as curvas granulométricas da escória de aciaria (Figura 30) e da brita (Figura 31) e elaborada uma comparação entre os agregados (Figura 32).

Analisando as curvas granulométricas dos agregados artificiais e dos britados, o coeficiente de uniformidade da escória de aciaria é igual a 2 e o da brita igual a 1,9, concluindo, portanto, que se tratam de materiais uniformes. Em relação ao coeficiente de curvatura, o valor da escória de aciaria foi de 13,5 e o da brita 12,7. Desta forma, os dois materiais agregados são uniformes na parte central e mal graduados, tendo baixa variação do diâmetro das partículas.

Tabela 7 – Dados do peneiramento da escória (agregado artificial).

DIÂMETRO DE ABERTURA (mm)	MASSA RETIDA (g)	% MASSA RETIDA	% MASSA RETIDA ACUMULADA	% MASSA PASSADA NA PENEIRA
75	0	0	0	100
50	0	0	0	100
37,5	0	0	0	100
25	0	0	0	100
19	103,6	2,93	2,93	97,07
12,5	2231,5	63,12	66,05	36,88
9,5	892,1	25,23	91,28	14,74
6,3	233,9	6,62	97,90	3,87
4,75	57,3	1,62	99,52	0,95
2,36	12,4	0,35	99,87	0,2
1,18	2,5	0,07	99,94	0,04
0,6	1	0,03	99,97	0,02
0,3	0,6	0,02	99,98	0,01
0,15	0,4	0,01	99,99	0,01
FUNDO	0,2	0,01	100	0
TOTAL	3535,5	100	-	-

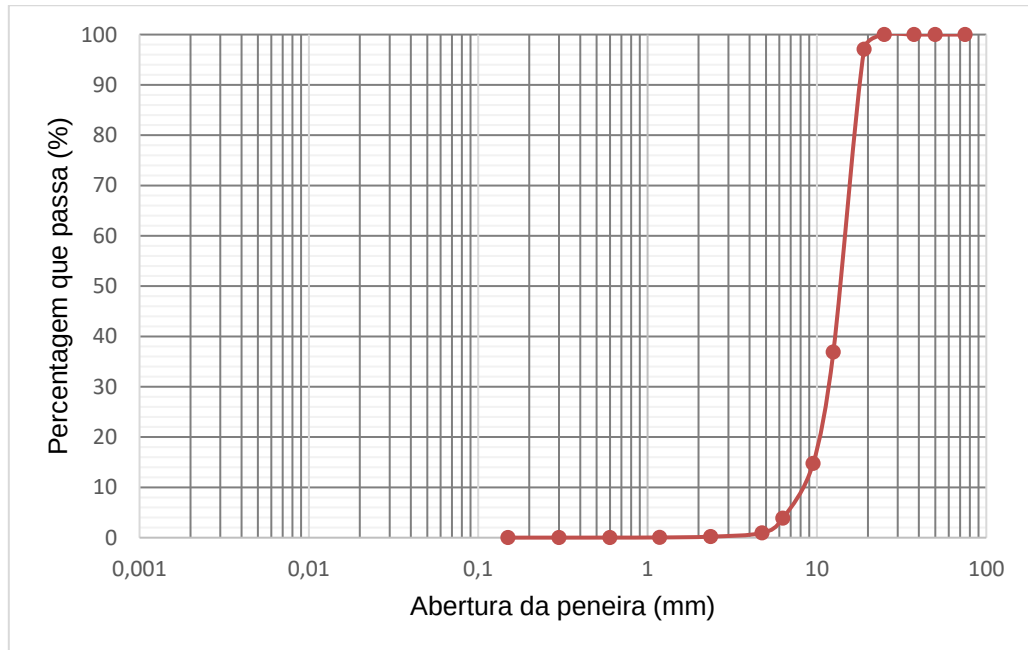
Fonte: Próprio autor (2023).

Tabela 8 – Dados do peneiramento do agregado britado.

DIAMETRO DE ABERTURA (mm)	MASSA RETIDA (g)	% MASSA RETIDA	% MASSA RETIDA ACUMULADA	% MASSA PASSADA NA PENEIRA
75	0	0	0	100
50	0	0	0	100
37,5	0	0	0	100
25	0	0	0	100
19	113,6	3,40	3,40	96,60
12,5	2110,7	63,17	66,57	36,82
9,5	756,9	22,65	89,23	13,20
6,3	265,4	7,94	97,17	4,63
4,75	63,6	1,90	99,08	1,11
2,36	23,3	0,70	99,77	0,41
1,18	3,5	0,10	99,88	0,06
0,6	1,6	0,05	99,93	0,03
0,3	1,5	0,04	99,97	0,03
0,15	0,7	0,02	99,99	0,01
FUNDO	0,4	0,01	100	0
TOTAL	3341,2	100	-	-

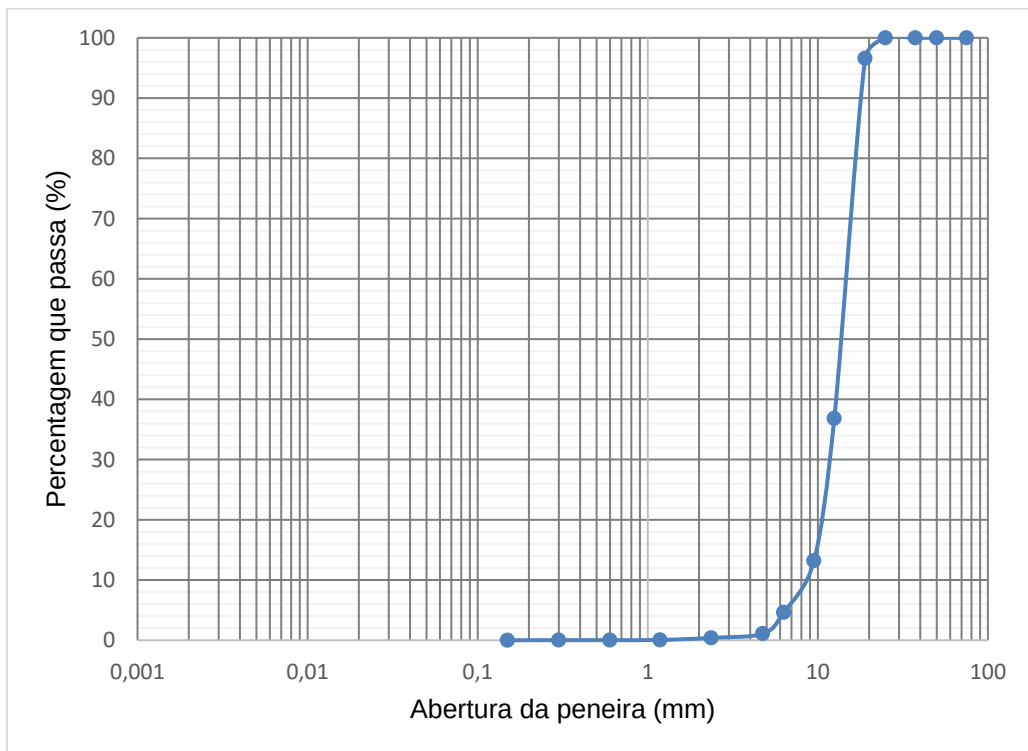
Fonte: Próprio autor (2023).

Figura 30 – Curva granulométrica da escória de aciaria.



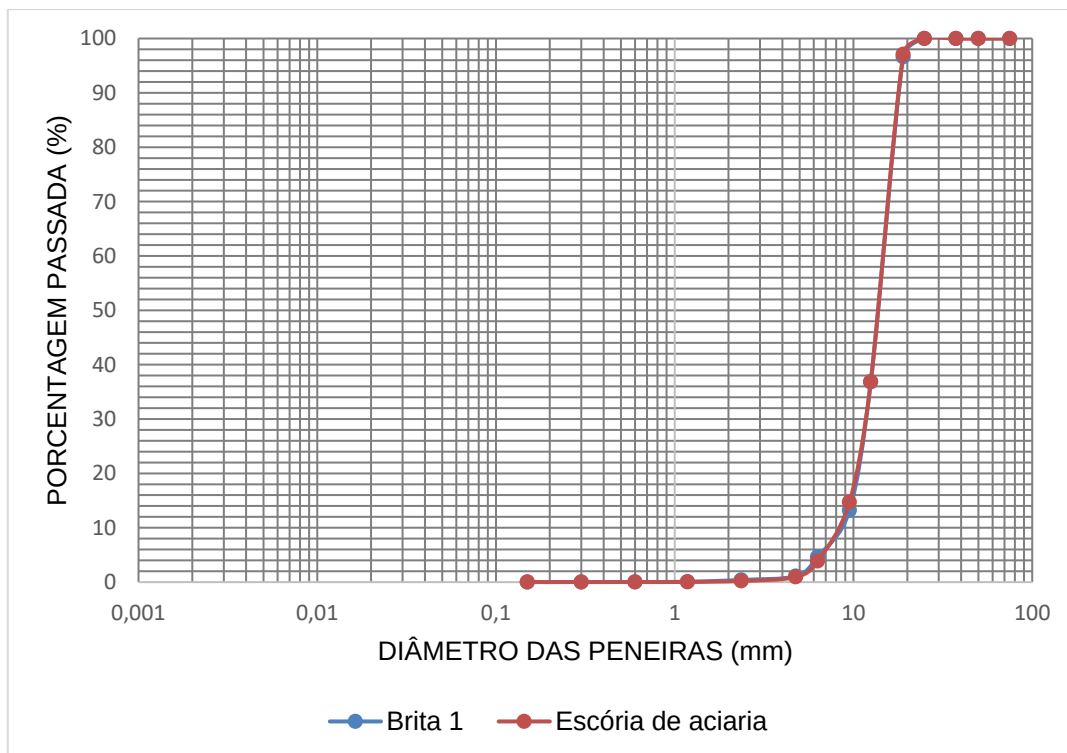
Fonte: Próprio autor (2023).

Figura 31 – Curva granulométrica da brita 1.



Fonte: Próprio autor (2023).

Figura 32 – Comparação das curvas granulométricas dos agregados.



Fonte: Próprio autor (2023).

5.2.2 Massa específica e absorção dos agregados

Os dados dos ensaios para determinar a massa específica dos agregados e o teor de absorção, estão apresentados na Tabela 9, em que ρ_s corresponde à massa específica do sólido e ρ_d indica a massa específica aparente seca do agregado. Os dados primários dos ensaios estão no Anexo D.

Tabela 9 – Massa específica e absorção dos agregados.

Agregado	ρ_s (g/cm ³)	ρ_d (g/cm ³)	Índice de vazios [(g/cm ³) / (g/cm ³)]	Absorção (%)
Escória de aciaria	2,968	1,439	1,06	1,51
Brita 1	2,747	1,392	0,97	1,97

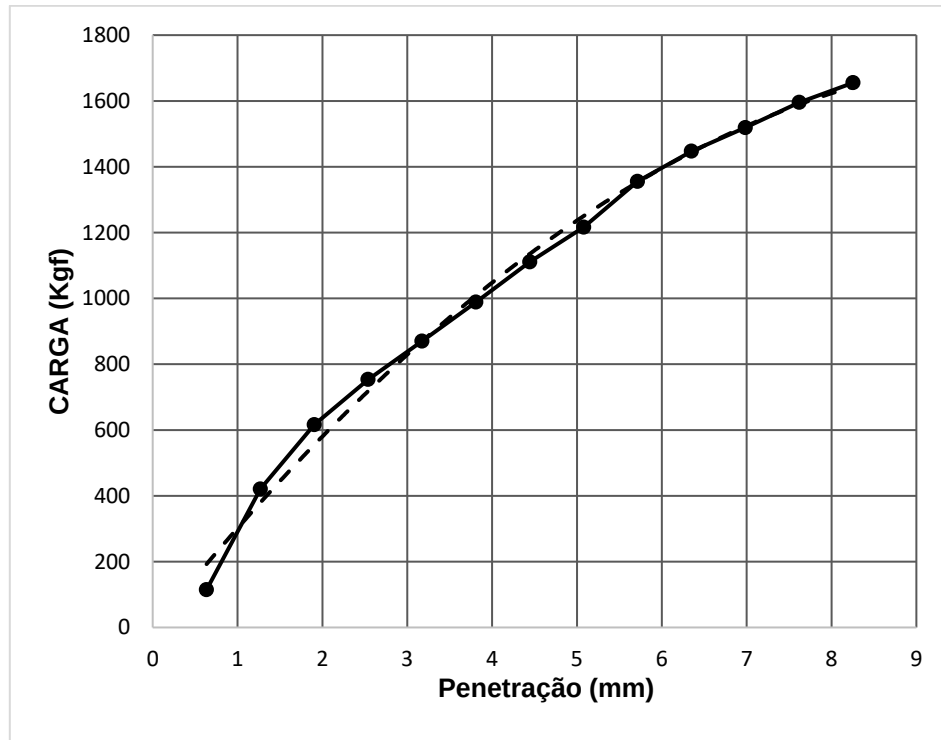
Fonte: Próprio autor (2023).

5.3 Ensaios com o solo estabilizado com os agregados

O ensaio de CBR foi realizado para os diferentes teores de solo estabilizado com os agregados (solo-escória e solo-brita). A energia foi a do Proctor intermediário.

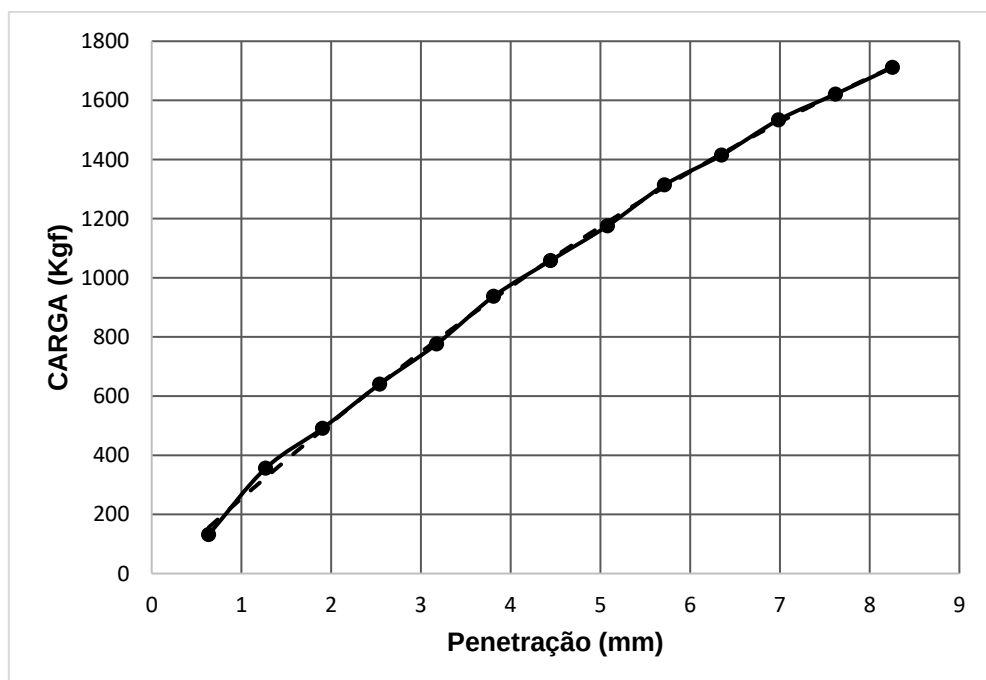
Moldaram-se 5 corpos-de-prova para cada dosagem de mistura. As curvas de carga *versus* penetração para os três teores de escória de aciaria estão nas Figuras 33, 34, e 35. Para a brita 1, nas Figuras 36, 37 e 38. Os dados primários estão no Anexo E.

Figura 33 – Curva CBR da mistura com 55% de escória de aciaria.



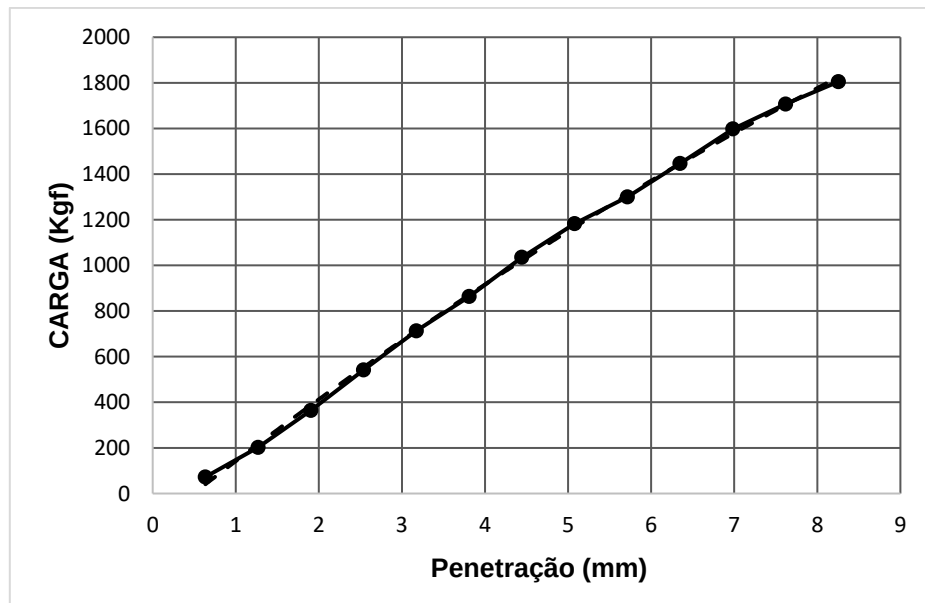
Fonte: Próprio autor (2023).

Figura 34 – Curva CBR da mistura com 65% de escória de aciaria.



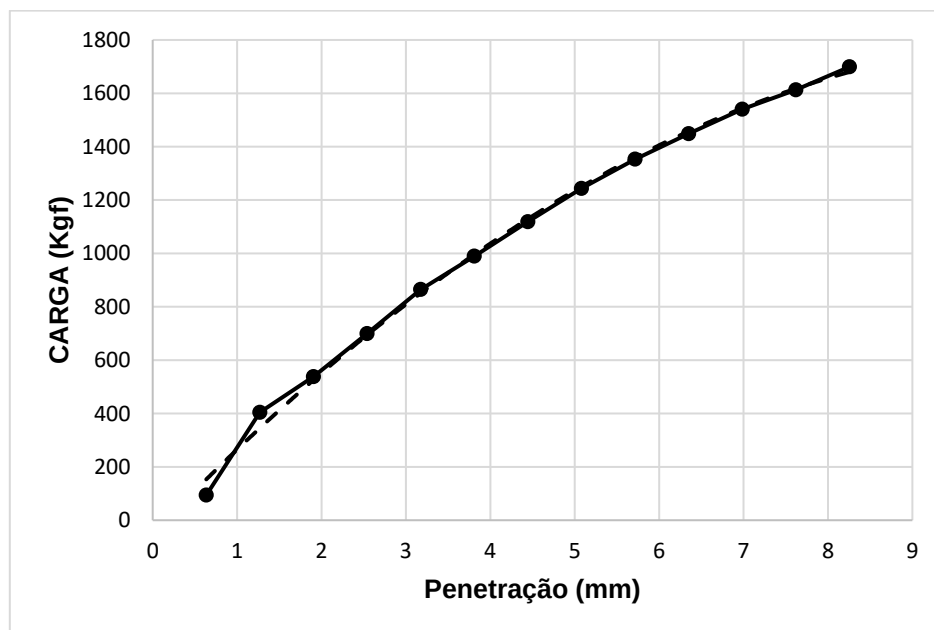
Fonte: Próprio autor (2023).

Figura 35 – Curva CBR da mistura com 75% de escória de aciaria.



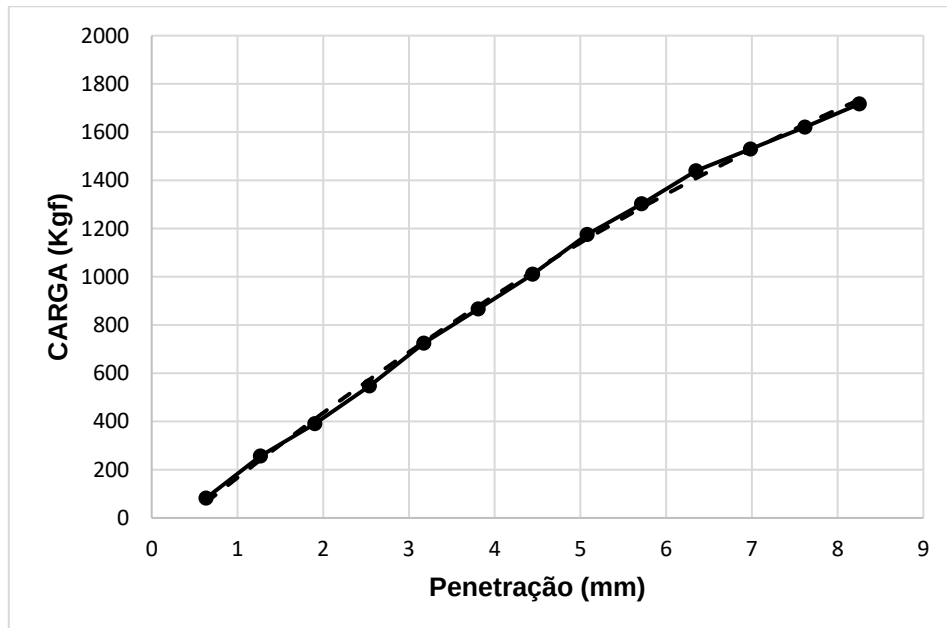
Fonte: Próprio autor (2023).

Figura 36 – Curva CBR da mistura com 55% de brita 1.



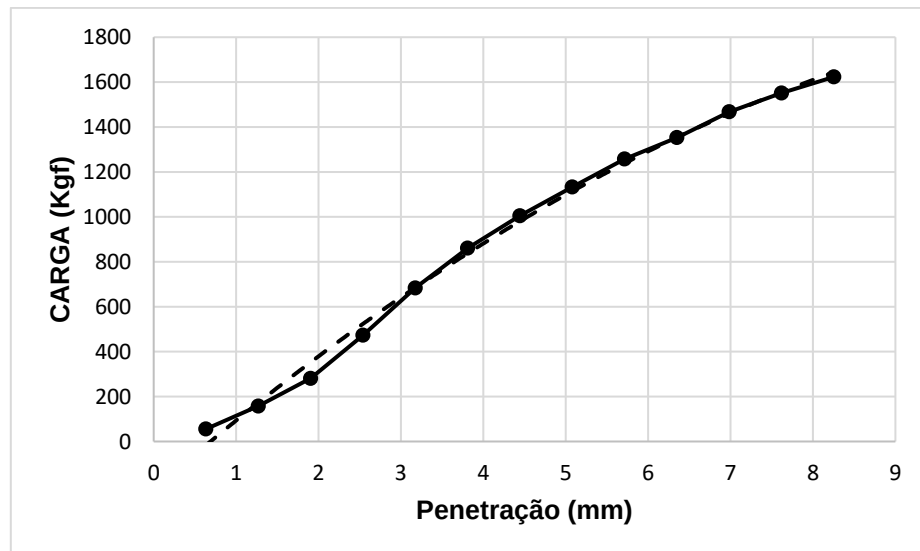
Fonte: Próprio autor (2023).

Figura 37 – Curva CBR da mistura com 65% de brita 1.



Fonte: Próprio autor (2023).

Figura 38 – Curva CBR da mistura com 75% de brita 1.



Fonte: Próprio autor (2023).

Com base nos gráficos das Figuras 33 a 38 foi elaborada a Tabela 10 com os valores de CBR e expansão de cada teor de mistura. Com o intuito de analisar e comparar o comportamento gráfico de cada amostra, fez-se a comparação dos comportamentos da escória de aciaria (Figura 39) e da brita 1 (Figura 40). Depois, é

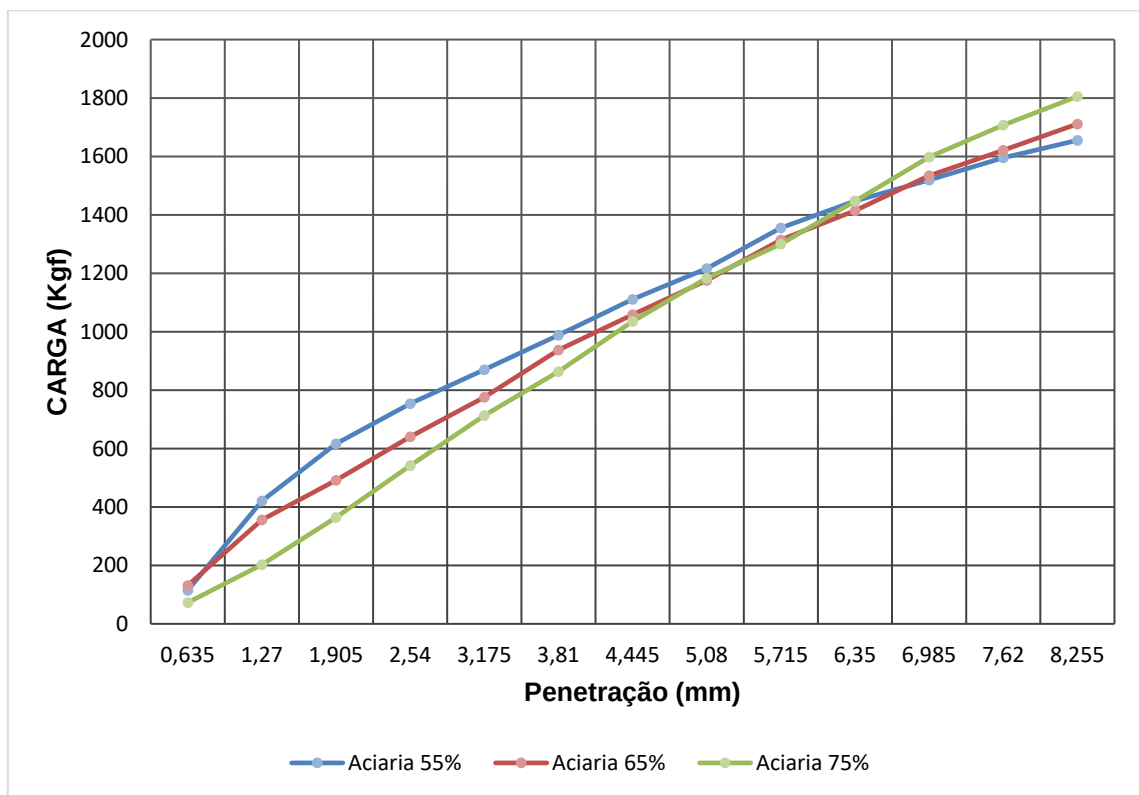
apresentada a curva de CBR de acordo com o teor de agregado na mistura (Figura 41).

Tabela 10 – Valores de CBR e expansão das misturas estabilizadas.

Energia do Proctor intermediário	Proporções (Wot)	CBR (%)	Expansão (%)
Solo + Aciaria	55%	65,9	0,02
	65%	60,2	0,01
	75%	59,5	0,01
Solo + Brita 1	55%	62,6	0,02
	65%	58,8	0,02
	75%	57,6	0,01

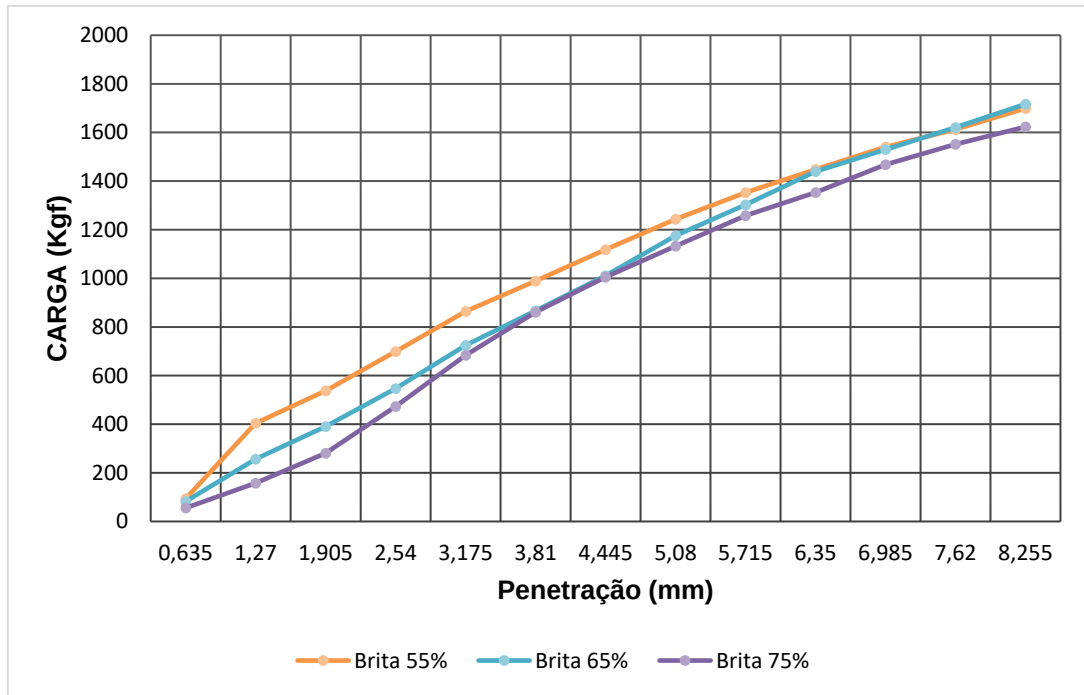
Fonte: Próprio autor (2023).

Figura 39 – Comparação das curvas CBR da mistura com a escória de aciaria.



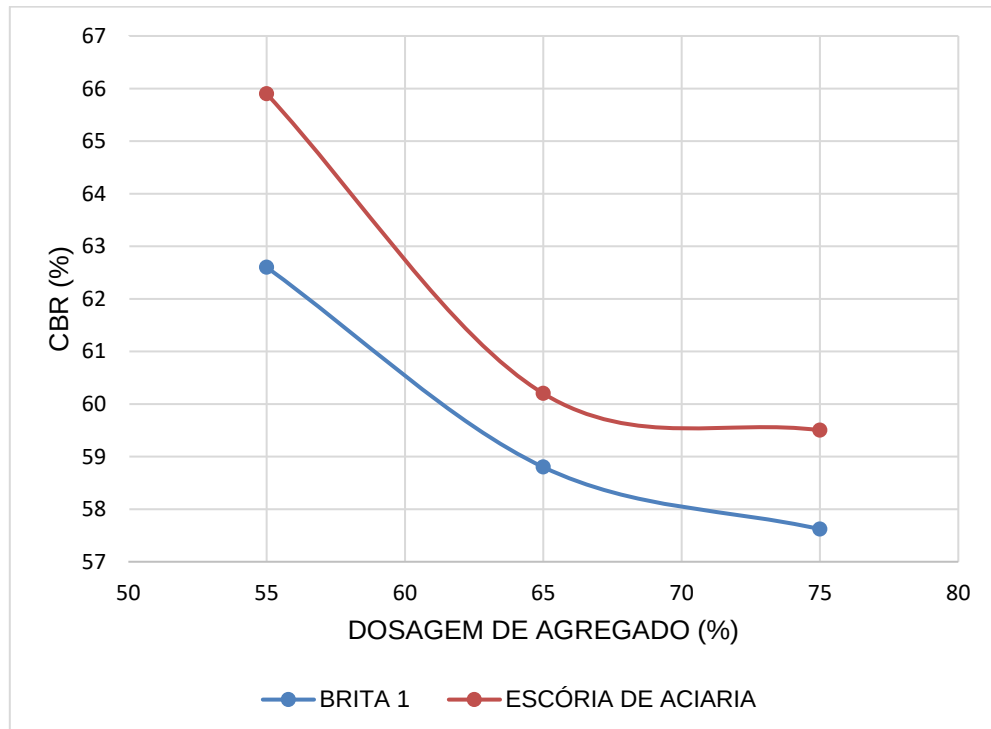
Fonte: Próprio autor (2023).

Figura 40 – Comparação das curvas CBR da mistura com a brita 1.



Fonte: Próprio autor (2023).

Figura 41 – Curvas CBR versus dosagem da mistura com a escória e com brita 1.



Fonte: Próprio autor (2023).

É possível analisar que conforme aumenta a dosagem de agregado, substituído em volume seco na amostra, houve diminuição do CBR. A porcentagem com 55% de agregado de aciaria obteve maior CBR. Admitindo o CBR do solo 100% (descrito no item 5.1.5), todas as misturas estabilizadas avaliadas neste trabalho obtiveram CBR superior ao do solo in natura.

Com base nos dados da Tabela 8, os valores de expansão encontram-se de acordo com o que impõe o Manual de Pavimentação (DNIT, 2006) (Quadro 2). Ao comparar os valores de expansão do solo e das misturas estabilizadas, a diminuição da porcentagem de expansão dos corpos-de-prova varia de 75% a 88%, comprovando que a estabilização granular é adequado para mitigar a expansão.

De acordo com a Tabela 8, em conjunto com a Figura 41, todas as amostras estabilizadas com energia intermediária, em todas as porcentagens de solo+agregado estudados podem ser utilizadas como material de reforço de subleito e sub-base. Mas apenas as dosagens com 55% e 65% de escória e 55% de brita 1, podem ser utilizadas nas camadas de base de pavimentos, desde que, o número de eixos do veículo padrão seja menor ou igual a 5×10^6 durante a vida útil do pavimento, conforme indica o Manual de Pavimentação (DNIT, 2006) (Quadro 2), item 5.1.5.

Todos os dados e valores obtidos, além das proporções estão apresentadas no memorial de cálculo no Anexo F.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA PRÓXIMOS TRABALHOS

6.1 Conclusões

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, conclui-se que o solo de comportamento laterítico estabilizado granulometricamente com escória de aciaria é viável em camadas do pavimento e permite camadas de reforço de subleito, sub-base e base.

Comparando os valores de CBR das amostras com teores de escória de aciaria e com brita 1, observa-se que os materiais têm comportamentos, desde a curva granulométrica até os valores de CBR e expansão, muito próximos e equivalentes quando com teores de 55%. A amostra com teor de 65% de escória permaneceu nos limites aceitáveis para a camada de base do pavimento.

A utilização da escória de aciaria estabilizada com solo laterítico agrega ganho de resistência em relação ao solo compactado. Além disso, produz efeitos positivos ao meio ambiente, reduzindo a necessidade da mineração de jazidas naturais para obtenção de material britado, dando utilidade a um rejeito da produção do aço, mitigando impactos adversos significantes ao meio e promovendo sustentabilidade.

A escória, rejeito da fabricação do aço, é identificada como adequada para utilização em camadas do pavimento devido a sua durabilidade, drenagem livre e importância no gerenciamento sustentável de resíduos da construção civil.

6.2 Recomendações para próximos trabalhos

Pensando em trabalhos futuros a respeito do tema tratado, são ressaltadas as sugestões a seguir.

- Deslocar o intervalo de teor de agregado nas amostras para valores entre 45% a 65%, com intervalos de dosagens variando em 5%.
- Empregar diferentes energias de compactação (Proctor normal e Proctor modificado) para investigar propriedades geotécnicas de misturas estabilizadas com escória.
- Empregar diferentes tipos de solos em misturas com escória de aciaria para avaliar seu potencial uso em pavimentação rodoviária.
- Utilizar o método mecanístico-empírico, por exemplo, usando o Método MeDiNa e comparar com os valores obtidos utilizando o método empírico – CBR, que considera a ruptura por cisalhamento no subleito.

REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Norma Técnica. **NBR NM-ISO 2395** : Peneiras de ensaio e ensaio de peneiramento - Vocabulário. Rio de Janeiro, ABNT, 1997.
- ABNT. Associação Brasileira de Norma Técnica. **NBR 6457**: Amostras de solo: Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, ABNT, 1986.
- ABNT. Associação Brasileira de Norma Técnica. **NBR 6459**: Solo:Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, ABNT, 2017.
- ABNT. Associação Brasileira de Norma Técnica. **NBR 7180**: Solo:Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, ABNT, 2016.
- ABNT. Associação Brasileira de Norma Técnica. **NBR 7181**: Solo: Análise granulométrica. Rio de Janeiro, ABNT, 2016.
- ABNT. Associação Brasileira de Norma Técnica. **NBR 7182**: Solo: Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, ABNT, 2016.
- ABNT. Associação Brasileira de Norma Técnica. **NBR 9895**: Solo: Índice de Suporte Califórnia (ISC): Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 2016.
- ABNT. Associação Brasileira de Norma Técnica. **NBR 16917**: Agregado graúdo - Determinação da densidade e da absorção de água. Rio de Janeiro, ABNT, 2021.
- ABNT. Associação Brasileira de Norma Técnica. **NBR 17054**: Agregados – Determinação da composição granulométrica – Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, (2022).
- ALVARENGA, J.C.A. **Um estudo de avaliação estrutural e econômica de pavimentos flexíveis de escória de aciaria**. Anais do XV Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Campinas, v.1 p. 371-379, 2001.
- Anuário Estatístico / Instituto Aço Brasil. - 2023 - Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil, 2023. Disponível em: <https://acobrasil.org.br/site/wp-content/uploads/2023/07/AcoBrasil_Anuario_2023.pdf>. Acesso em: 31 de julho de 2024.
- BALTAZAR, R. P. **Caracterização do fator expansão de uma escória de aciaria em diferentes processos de cura para uso em pavimentação**. Dissertação de M. Sc., UFV, Viçosa, 2001.
- CARDOSO, A. V. M.; DIAS, F. M.. **A utilização de escória de aciaria para manufatura de blocos de pavimentação**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E SOARES, LINDOLFO. p.831-896, 2014.
- COSTA, S. N.; SANTOS, R. O. G.. Utilização da escória de aciaria em combinação com solo para uso em camadas de pavimentação rodoviária. **Engineering Sciences**, v.8, n.1, p.57-66, 2020.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-CLA 259/96** – Classificação de solos tropicais para finalidades rodoviárias utilizando corpos-de-prova compactados em equipamentos miniatura. Rio de Janeiro, 1996.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 051/94** -

Solos – Análise granulométrica - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 083/98** – Agregados – Análise granulométrica – método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1998.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 131/94** – Solos – determinação do módulo de resiliência - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 195/97** – Agregados - determinação da absorção e da massa específica de agregado graúdo. Rio de Janeiro, 1997.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 228/94** – Solos – Compactação em equipamento miniatura. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 256/94** – Solos compactados em equipamento miniatura – Determinação da perda de massa por imersão. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 258/94** – Solos compactados em equipamento miniatura – Mini-MCV. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-PRO 003/94** – Solos – Procedimento a ser adotado na coleta de amostras deformadas de solos. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 113/2009-ME** - Agregados – Avaliação do potencial de expansão da escória de aciaria - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2009.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 114/2009-ME** - Sub-base estabilizada granulometricamente com escória de aciaria – Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2009.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 115/2009-ME** - Base estabilizada granulometricamente com escória de aciaria - Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2009.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 139/2010** – Pavimentação – Sub-base estabilizada granulometricamente - Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2010;

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 141/2010** - Pavimentação – Base estabilizada granulometricamente - Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 164/2013** - Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 172/2016 – ME** - Solos – Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2016.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 413/2021 – ME** - Pavimentação – Massa específica, densidade relativa e absorção

de agregado graúdo para misturas asfálticas– Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2021.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Publicação IPR 719 – Manual de Pavimentação, versão corrigida (2022)**. 3ª edição. Rio de Janeiro, 2006. 277 p.

ESTABILIZAÇÃO DO SOLO: O QUE É E QUAL A SUA IMPORTÂNCIA?. Neoipsum, 2020. Disponível em: <<https://neoipsum.com.br/estabilizacao-do-solo/>>. Acesso em: 29 de março de 2024.

FREITAS, H. B.; MOTTA, L. M. G.. Uso de escória de aciaria em misturas asfálticas de módulo elevado. **Transportes**, São Paulo, v.16, n.2, p.5-12, 2008.

MACHADO, Alexandre Teixeira. **Estudo comparativo dos métodos de ensaio para avaliação da expansibilidade das escórias de aciaria**. 2000. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

NOGAMI, J.S.; VILLIBOR, D.F. “**Uma nova classificação de solos tropicais para finalidades rodoviárias**”. Anais do simpósio brasileiro de solos tropicais em engenharia, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, vol.1, 1981.

NOGAMI, J. S. e VILLIBOR, D. F. **Pavimentação de Baixo Custo com Solos Lateríticos**. 2ª edição. São Paulo, SP: Arte & Ciência, 2009.

OLIVEIRA, F. U. de. **Avaliação de três métodos de ensaio para determinação do potencial de expansão de escórias de aciaria para uso em pavimentação**. Dissertação de mestrado. UFES, Vitória, 2006.

PEDROSA, R. A. A. **Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica do Uso de Agregados de Escória de Aciaria em Concreto Betuminoso Usinado a Quente**. Dissertação (Mestrado em Geotécnica) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2010.

PINTO, C. S. **Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 aulas**. 3ª edição. Oficina de textos, São Paulo. 2006.

PROCTOR, D. M.; SHAY, E. C.; FHELING, K. A.; FINLEY, B. L. **Assessment of Human Health and Ecological Risks Posed by the Uses of Steel-Industry Slags in the Environment**. *Human and Ecological Risk Assessment*. Vol. 8. N° 4. 2002. pp 681 – 711.

ROHDE, L. **Escória de aciaria elétrica em camadas granulares de pavimentos – Estudo laboratorial**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

ROHDE, L.; NUNEZ, W. P.; CERATTI, J. A. P. **Escória de aciaria elétrica: uma alternativa aos materiais granulares tradicionais**. *Transportes* (Rio de Janeiro), vol. 11, no. 1, 2003. Disponível em: <<https://revistatransportes.org.br/anpet/article/view/115>>. Acesso em: 22 maio. 2024.

SENÇO, W. DE. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. Ed. Pini, São Paulo, SP, 2001.

VILLIBOR, DOUGLAS FADUL, ET AL. **Pavimentos de baixo custo para vias urbanas : bases alternativas com solos lateríticos**. Arte & Ciência, 2007.

ANEXOS

ANEXO A - ENSAIO DE MINI-MCV E PERDA POR IMERSÃO

UNESP – CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

Departamento de Engenharia Civil

Laboratório de Pavimentação

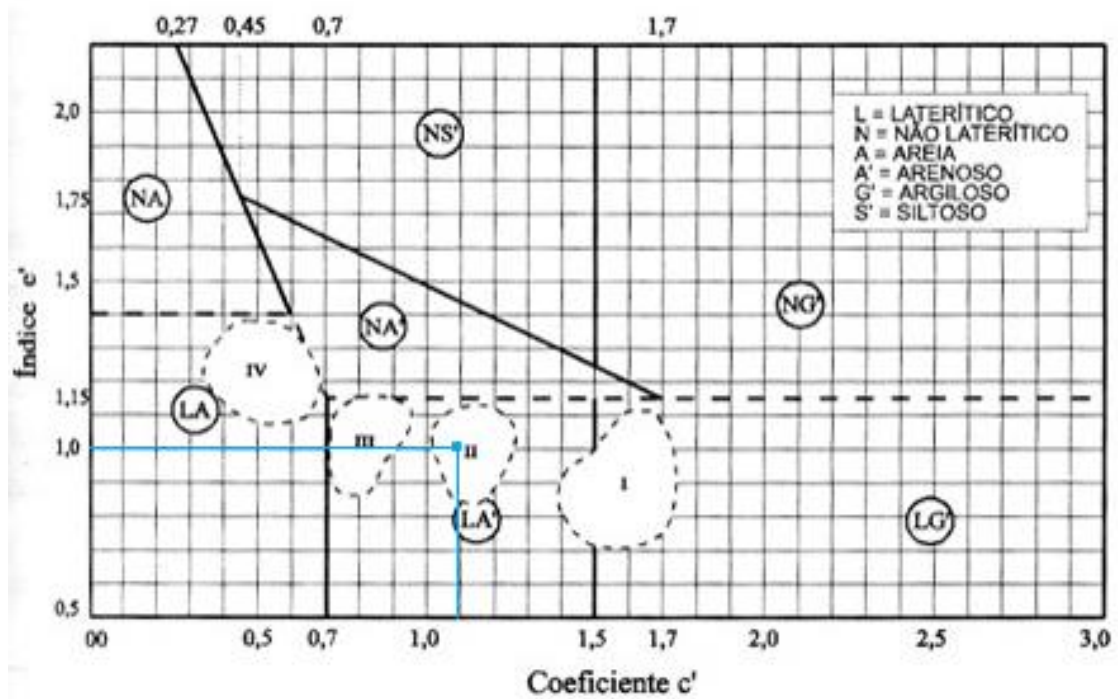
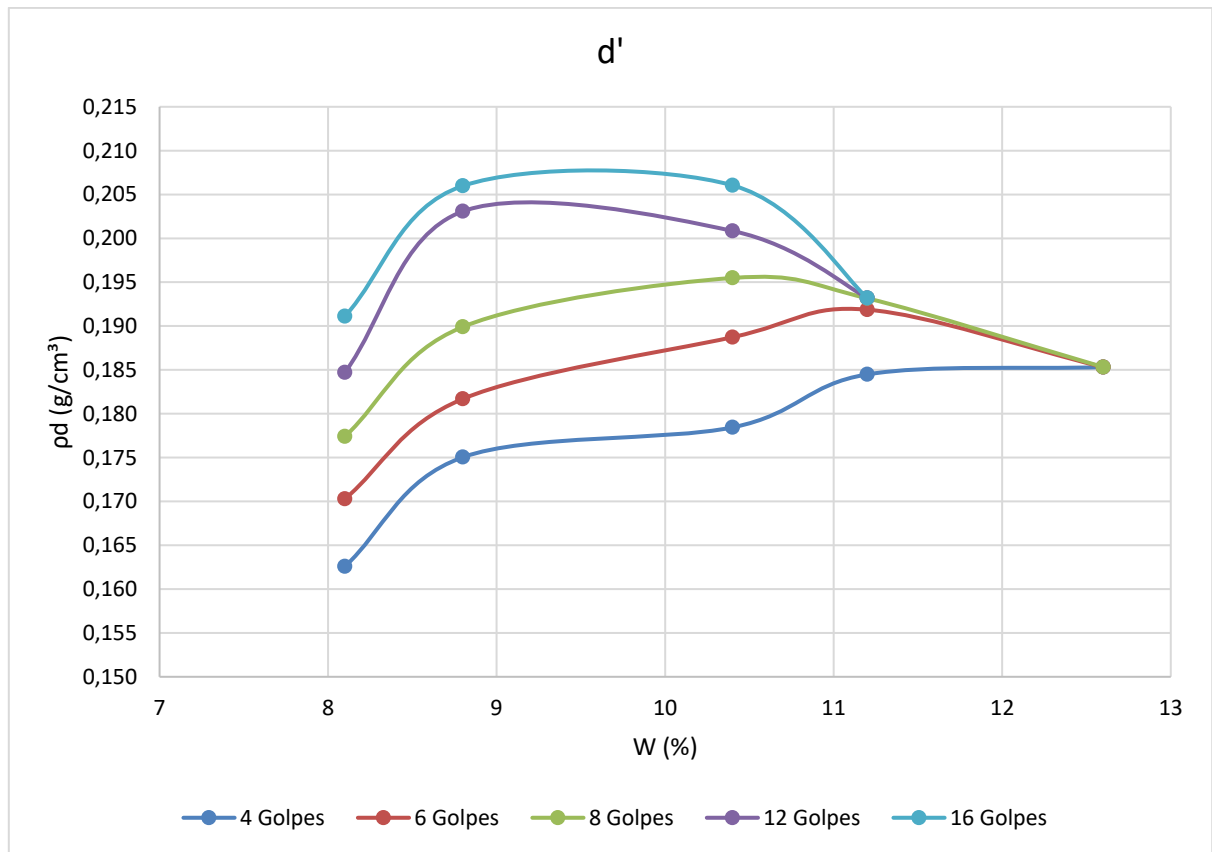
Ensaio de Mini MCV

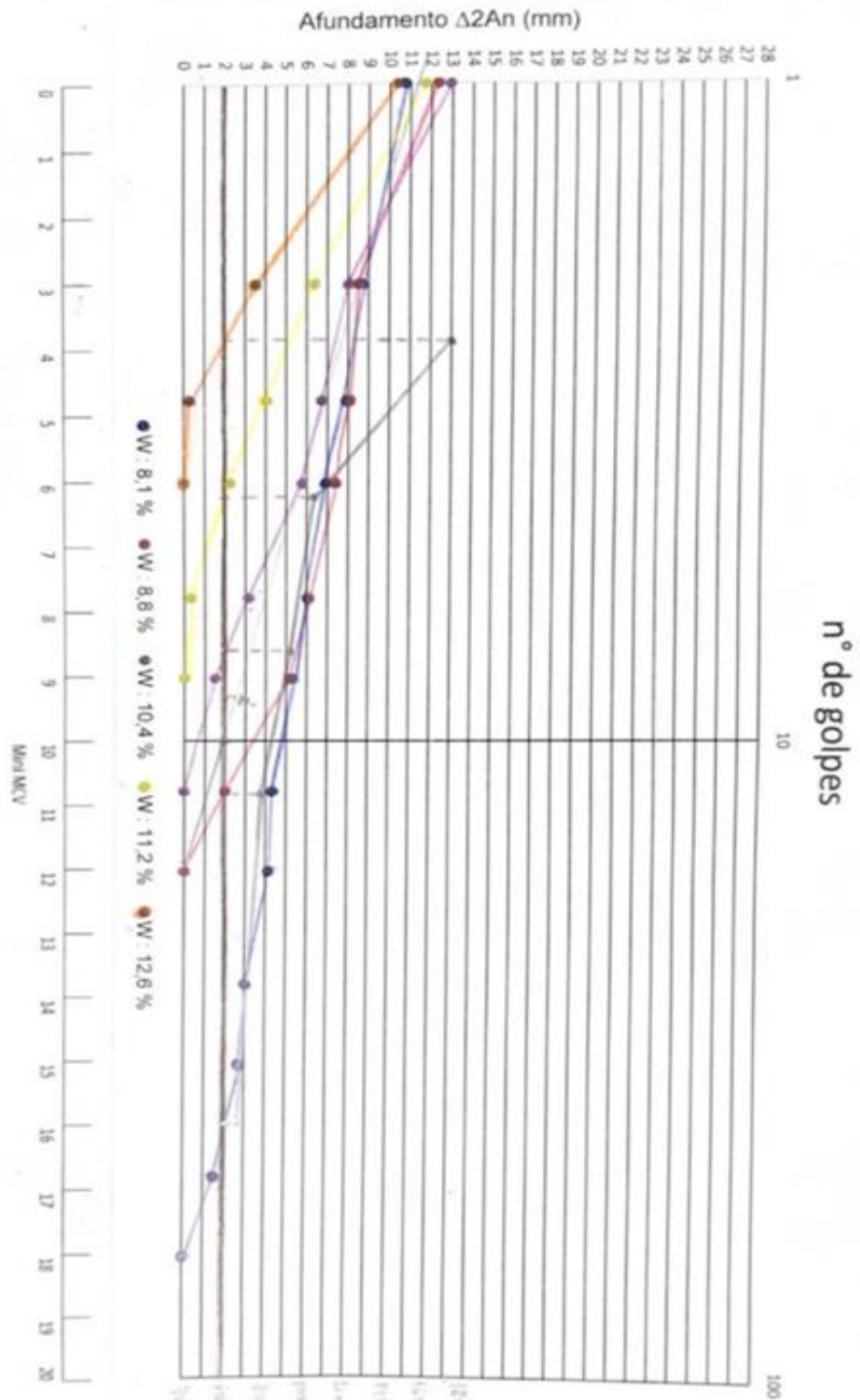
Ensaio de Mini-MCV e Perda por Imersão

Identificação:

Massa de Ensaio (g)	Cilindro nº	200				200				200				200				200			
		An	Δ An	Yd	An	Δ An	Yd	An	Δ An	Yd	An	Δ An	Yd	An	Δ An	Yd	An	Δ An	Yd		
Número de Golpes	1	19,49	12,56	1,336	23,66	12,82	1,412	25,35	12,92	1,428	28,60	11,73	1,492	30,75	10,42	1,527					
	2	26,02	8,65	1,473	29,97	8,47	1,561	33,02	8,07	1,620	35,84	6,40	1,692	37,66	3,51	1,729					
	3	28,97	7,92	1,544	32,60	8,07	1,632	36,08	6,70	1,712	38,53	4,03	1,780	40,90	0,27	1,843					
	4	32,05	6,94	1,626	36,48	7,39	1,750	38,27	5,77	1,784	40,33	2,24	1,845	41,17		1,853					
	6	34,67	6,03	1,703	38,44	6,08	1,817	41,09	4,11	1,887	42,24	0,33	1,919	41,17		1,853					
	8	36,89	5,21	1,774	40,67	5,18	1,899	42,78	2,42	1,955	42,56		1,932	41,17		1,853					
	12	38,99	4,30	1,847	43,87	1,98	2,031	44,04	1,16	2,008	42,57		1,932								
	16	40,70	4,12	1,911	44,52		2,060	45,2		2,080	42,57		1,932								
	24	42,10	2,99	1,967	45,85		2,122	45,2		2,080											
	32	43,29	2,70	2,017	45,85		2,122	45,2		2,080											
	48	44,82	1,51	2,085																	
	64	45,09		2,098																	
	96	45,99		2,141																	
	128	46,33		2,158																	
	192	46,70		2,176																	
	256	46,70		2,176																	
	384																				
Cápsula nº		211				224				226				234				240			
Peso Solo Úmido + Tara (g)		200				200				200				200				200			
Peso Solo Seco + Tara (g)		184,95				183,90				181,20				179,88				177,63			
Tara (g)		0				0				0				0				0			
Solo Seco (g)		184,95				183,90				181,20				179,88				177,63			
Água (g)		15,05				16,10				18,80				20,12				22,37			
Umidade (%)		8,1				8,8				10,4				11,2				12,6			
Altura CP (mm)		43,17				44,62				45,55				48,29				57,35			
Massa Desprendida - Md (g)		29,4				32,81				36,26				39,75				52,8			
Fator Correção (F)		-				-				-				-				-			
Perda de Peso por Imersão - Pi (%)		68,62				79,61				91,15				106,71				170,47			

Perda



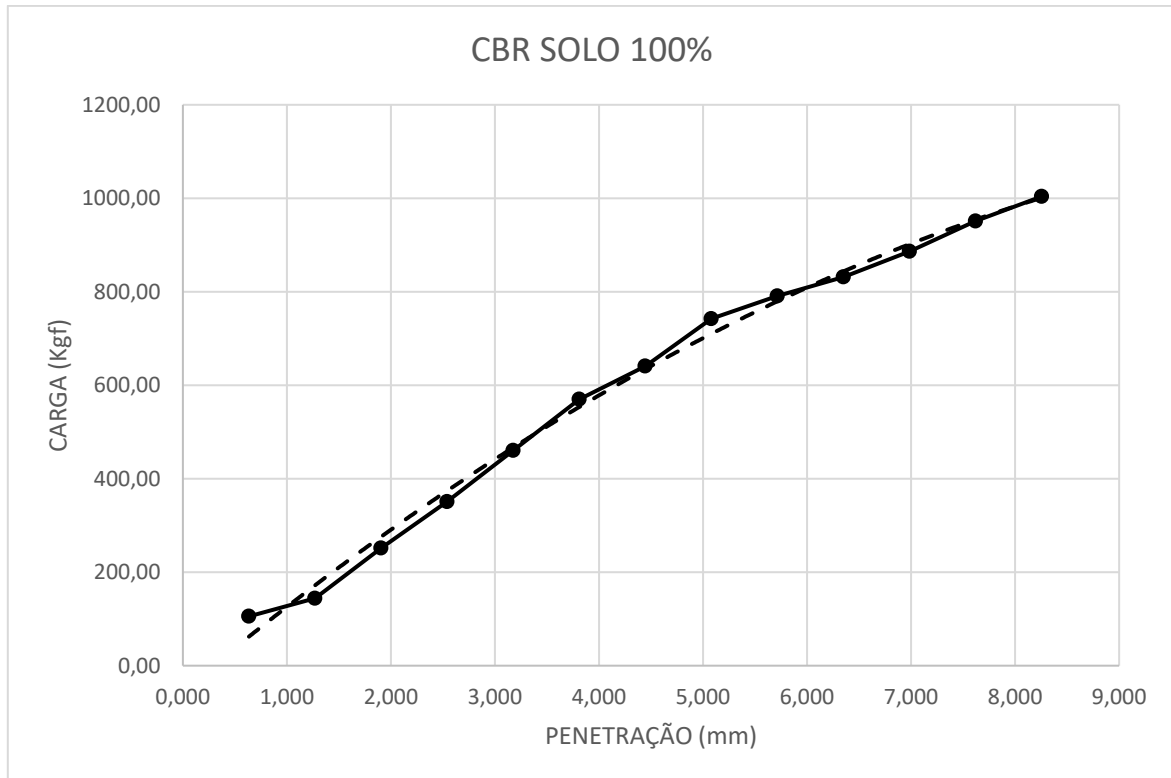


ANEXO B - ENSAIO DE COMPACTAÇÃO DO SOLO 100%

Energia Intermediária - Proctor				solo = Torre II		
DADOS	1	2	3	4	5	6
Volume (cm³) (n°02)	938	938	938	938	938	938
Mw+T (g)	3858	4100	4116	4071	4008	3901
T (g)	1991	1991	1991	1991	1991	1991
Mw (g)	1867	2109	2134	2080	2017	1910
ρ (g/cm³)	1,990	2,248	2,275	2,217	2,150	2,036
pd (g/cm³	1,838	2,043	2,060	1,987	1,902	1,777
UMIDADE						
Caps n°	207	211	208	216	209	210
Mw+T (g)	8591	7720	7384	7331	8065	8195
Ms+T (g)	8050	7160	6833	6742	7311	7360
W-S (g)	541	560	551	589	754	835
T (g)	1547	1586	1551	1675	1534	1628
Ms (g)	6503	5574	5282	5067	5777	5732
W	0,083	0,100	0,104	0,116	0,131	0,146
W (%)	8,3	10,0	10,4	11,6	13,1	14,6
W (%)	pd (g/cm³					
8,3	1,838					
10	2,043					
10,4	2,060					
11,6	1,987					
13,1	1,902					
14,6	1,777					
pd máx (g/cm³) =		2,060				
Wot (%) =		10,4				

ANEXO C – ENSAIO DE CBR DO SOLO (100%)

 UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" Câmpus de Ilha Solteira		DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL						
ENSAIO DE CBR								
Operador: Igor Muller			Umidade ótima (w): 10,4 %					
Local: Ilha Solteira			Densidade Máxima (pd máx): 2,060					
Amostra: Solo (100%) - Intermediário			Data: 30/03/2023					
PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA			SATURAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA					
Cilindro N°	2		DIA	HORA	TEMP. DEC.	ALTURA INICIAL: 11,41		
N° de camadas	5					LEITURA DEFLECT.	Δh	(%)
N° de golpes	26		31	10:00	0	0,200	0,000	0,00
DADOS DE AMOSTRA			ANTES DA SATURAÇÃO				APÓS SATURAÇÃO	
			Peso am. Um. + molde				8994	
Peso do molde			4261		4261			
Peso da amostra			4733		4769			
Volume da amostra			2081		2081			
Densidade aparente úmida			2,274		2,292			
DETERMINAÇÃO DO TEOR DA UMIDADE			CBR: 36,70 %				EXPANSÃO: 0,08 %	
Capsula: 5			GRAU DE COMPACTAÇÃO:					
Solo + Água + Tara (g)			61,80					
Solo + Tara (g)			58,49					
Solo (g)			31,12					
Água (g)			3,31					
Tara (g)			27,37					
w (%)			0,106					
w média (%)			10,6					
Densidade aparente seca máxima (g/cm³)			2,060					
PENETRAÇÃO (mm)		TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA				
				Def. do anel (mm)	Carga (Kg)			
0,635	0,5	0,025	52	105,46				
1,270	1	0,050	71	143,99				
1,905	1,5	0,075	124	251,47				
2,540	2	0,100	173	350,84				
3,175	2,5	0,125	227	460,36				
3,810	3	0,150	281	569,87				
4,445	3,5	0,175	316	640,85				
5,080	4	0,200	366	742,25				
5,715	4,5	0,225	390	790,92				
6,350	5	0,250	410	831,48				
6,985	5,5	0,275	437	886,24				
7,620	6	0,300	469	951,13				
8,255	6,5	0,325	495	1003,86				



DADOS	Carga Kgf	CBR (%)	∴ CBR (%)	EXPANSÃO (%)
CBR 0,1" (%) =	350,84	28,4	36,7	0,08
CBR 0,2" (%) =	742,25	36,7		

ANEXO D – MASSA ESPECÍFICA E ABSORÇÃO DOS AGREGADOS

ps (g/cm³)			
Brita 1 = 2,747		Escória de aciaria = 2,968	
1	2,528	1	2,959
Vreal =	184	Vreal =	172,4
B = M1 =	983,9	B = M1 =	977,1
A = M =	465,1	A = M =	510,1
C = M2=	1265	C = M2=	1314,8
2	2,734	2	2,966
Vreal =	156,6	Vreal =	163,7
B = M1 =	875,7	B = M1 =	923,4
A = M =	428,1	A = M =	485,6
C = M2=	1147,2	C = M2=	1245,3
3	2,980	3	2,980
Vreal =	152,1	Vreal =	166,4
B = M1 =	964,5	B = M1 =	936,5
A = M =	453,2	A = M =	495,9
C = M2=	1265,6	C = M2=	1266,0

pd (g/cm³)			
Brita 1 = 1,392		Escória de aciaria = 1,439	
1		1	
M+T (g)	3851,3	M+T (g)	3763,4
M (g)	3359,6	M (g)	3271,7
Volume (cm³)	2446	Volume (cm³)	2446
pd (g/cm³)	1,374	pd (g/cm³)	1,338
2		2	
M+T (g)	3938,1	M+T (g)	4043,6
M (g)	3446,4	M (g)	3551,9
Volume (cm³)	2446	Volume (cm³)	2446
pd (g/cm³)	1,409	pd (g/cm³)	1,452
3		3	
M+T (g)	3896,8	M+T (g)	4227,6
M (g)	3405,1	M (g)	3735,9
Volume (cm³)	2446	Volume (cm³)	2446
pd (g/cm³)	1,392	pd (g/cm³)	1,527

$$\text{Índice de vazios } (e) = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1$$

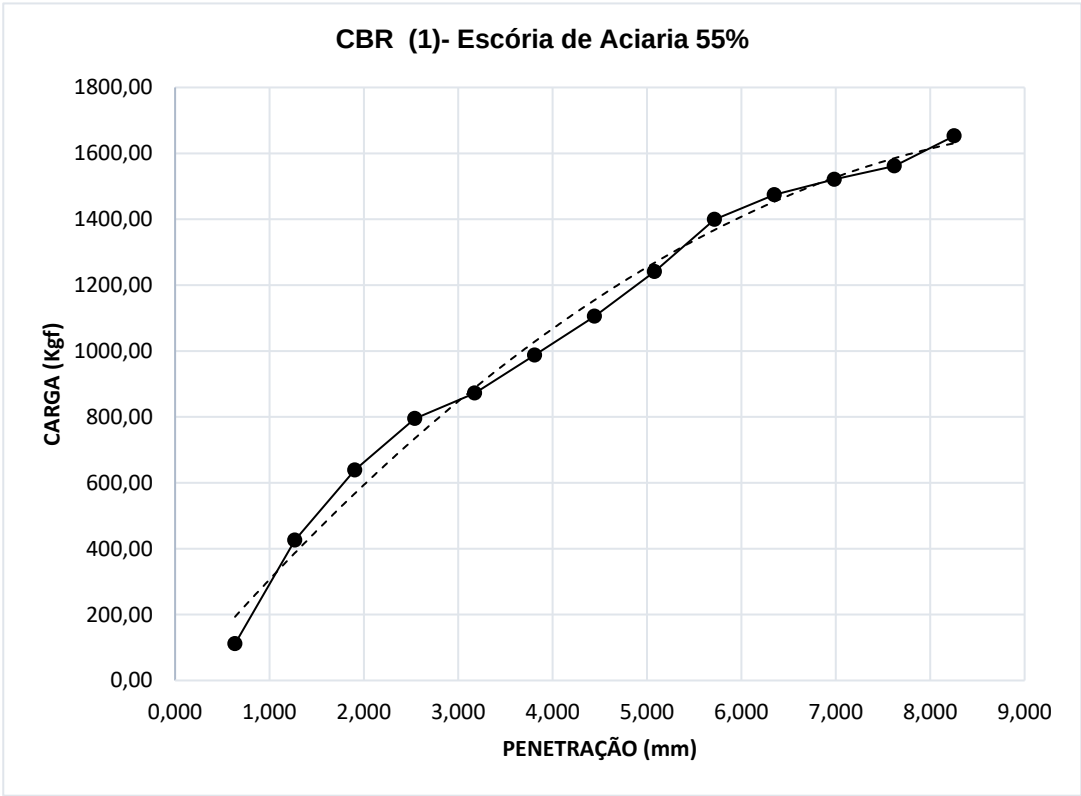
$$(e) \text{ escória de aciaria} = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1 = \frac{2,968}{1,439} - 1 = 1,06$$

$$(e) \text{ brita 1} = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1 = \frac{2,747}{1,392} - 1 = 0,97$$

Absorção (%)			
Brita 1 = 1,97		Escória de aciaria = 1,51	
1		1	
Ac + T (g)	4991,4	Ac + T (g)	4911,6
T (g)	1260,6	T (g)	1270,1
Ac (g)	3730,8	Ac (g)	3659,3
Ac w (g)	3808,9	Ac w (g)	3713,1
M (w-seco) (g)	78,1	M (w-seco) (g)	53,8
Abs (%)	2,09	Abs (%)	1,47
2		2	
Ac + T (g)	4920,7	Ac + T (g)	5201,8
T (g)	1260,6	T (g)	1270,1
Ac (g)	3660,1	Ac (g)	3931,7
Ac w (g)	3730,4	Ac w (g)	3993,9
M (w-seco) (g)	70,3	M (w-seco) (g)	62,2
Abs (%)	1,92	Abs (%)	1,58
3		3	
Ac + T (g)	4995,5	Ac + T (g)	5165,7
T (g)	1260,6	T (g)	1270,1
Ac (g)	3734,9	Ac (g)	3895,6
Ac w (g)	3806,2	Ac w (g)	3953,3
M (w-seco) (g)	71,3	M (w-seco) (g)	57,7
Abs (%)	1,91	Abs (%)	1,48

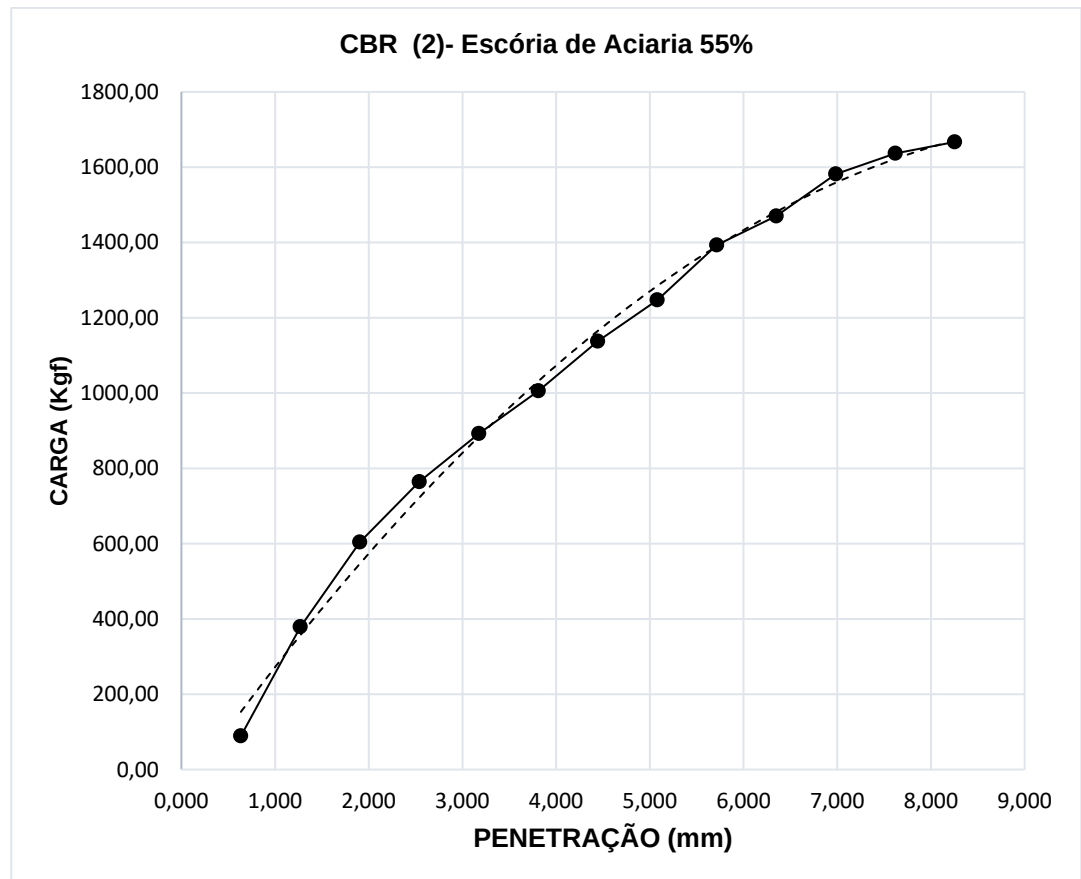
ANEXO E – ENSAIOS COM O SOLO ESTABILIZADO COM OS AGREGADOS.

 UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" Câmpus de Ilha Solteira		DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL																																																																											
ENSAIO DE CBR – Escória de aciaria 55% - 1																																																																													
Operador: Igor Muller Local: Ilha Solteira Amostra: Solo-Agregado (45%/55%) - Intermediário			Umidade ótima (w): 10,4 % Densidade Máxima (pd máx): 2,159 g/cm³ Data: 05/04/2023																																																																										
PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA			SATURAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA																																																																										
Cilindro N°	2		DIA HORA TEMP. DEC.	ALTURA INICIAL: 11,41																																																																									
N° de camadas	5			LEITURA DEFLECT. Δh (%)																																																																									
N° de golpes	26																																																																												
DADOS DE AMOSTRA			CBR: 65,30 % EXPANSÃO: 0,01 % GRAU DE COMPACTAÇÃO:																																																																										
	ANTES DA SATURAÇÃO	APÓS SATURAÇÃO																																																																											
Peso am. Um. + molde (g)	9220	9265																																																																											
Peso do molde (g)	4261	4261																																																																											
Peso da amostra (g)	4959	5004																																																																											
Volume da amostra (cm³)	2081	2081																																																																											
Densidade aparente úmida (g/cm³)	2,383	2,405																																																																											
DETERMINAÇÃO DO TEOR DA UMIDADE																																																																													
Capsula:																																																																													
Solo + Água + Tara (g)																																																																													
Solo + Tara (g)																																																																													
Solo (g)																																																																													
Água (g)																																																																													
Tara (g)																																																																													
w (%)																																																																													
w média (%)																																																																													
Densidade aparente seca máxima (g/cm³)																																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (mm)</th> <th rowspan="2">TEMPO (mm)</th> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (pol)</th> <th colspan="2">GOLPES POR CAMADA</th> </tr> <tr> <th>Def. do anel (mm)</th> <th>Carga (Kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,635</td><td>0,5</td><td>0,025</td><td>55</td><td>111,54</td></tr> <tr><td>1,270</td><td>1</td><td>0,050</td><td>210</td><td>425,88</td></tr> <tr><td>1,905</td><td>1,5</td><td>0,075</td><td>315</td><td>638,82</td></tr> <tr><td>2,540</td><td>2</td><td>0,100</td><td>392</td><td>794,98</td></tr> <tr><td>3,175</td><td>2,5</td><td>0,125</td><td>430</td><td>872,04</td></tr> <tr><td>3,810</td><td>3</td><td>0,150</td><td>487</td><td>987,64</td></tr> <tr><td>4,445</td><td>3,5</td><td>0,175</td><td>545</td><td>1105,26</td></tr> <tr><td>5,080</td><td>4</td><td>0,200</td><td>612</td><td>1241,14</td></tr> <tr><td>5,715</td><td>4,5</td><td>0,225</td><td>690</td><td>1399,32</td></tr> <tr><td>6,350</td><td>5</td><td>0,250</td><td>727</td><td>1474,36</td></tr> <tr><td>6,985</td><td>5,5</td><td>0,275</td><td>750</td><td>1521,00</td></tr> <tr><td>7,620</td><td>6</td><td>0,300</td><td>770</td><td>1561,56</td></tr> <tr><td>8,255</td><td>6,5</td><td>0,325</td><td>815</td><td>1652,82</td></tr> </tbody> </table>					PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA		Def. do anel (mm)	Carga (Kg)	0,635	0,5	0,025	55	111,54	1,270	1	0,050	210	425,88	1,905	1,5	0,075	315	638,82	2,540	2	0,100	392	794,98	3,175	2,5	0,125	430	872,04	3,810	3	0,150	487	987,64	4,445	3,5	0,175	545	1105,26	5,080	4	0,200	612	1241,14	5,715	4,5	0,225	690	1399,32	6,350	5	0,250	727	1474,36	6,985	5,5	0,275	750	1521,00	7,620	6	0,300	770	1561,56	8,255	6,5	0,325	815	1652,82	
PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA																																																																										
			Def. do anel (mm)	Carga (Kg)																																																																									
0,635	0,5	0,025	55	111,54																																																																									
1,270	1	0,050	210	425,88																																																																									
1,905	1,5	0,075	315	638,82																																																																									
2,540	2	0,100	392	794,98																																																																									
3,175	2,5	0,125	430	872,04																																																																									
3,810	3	0,150	487	987,64																																																																									
4,445	3,5	0,175	545	1105,26																																																																									
5,080	4	0,200	612	1241,14																																																																									
5,715	4,5	0,225	690	1399,32																																																																									
6,350	5	0,250	727	1474,36																																																																									
6,985	5,5	0,275	750	1521,00																																																																									
7,620	6	0,300	770	1561,56																																																																									
8,255	6,5	0,325	815	1652,82																																																																									



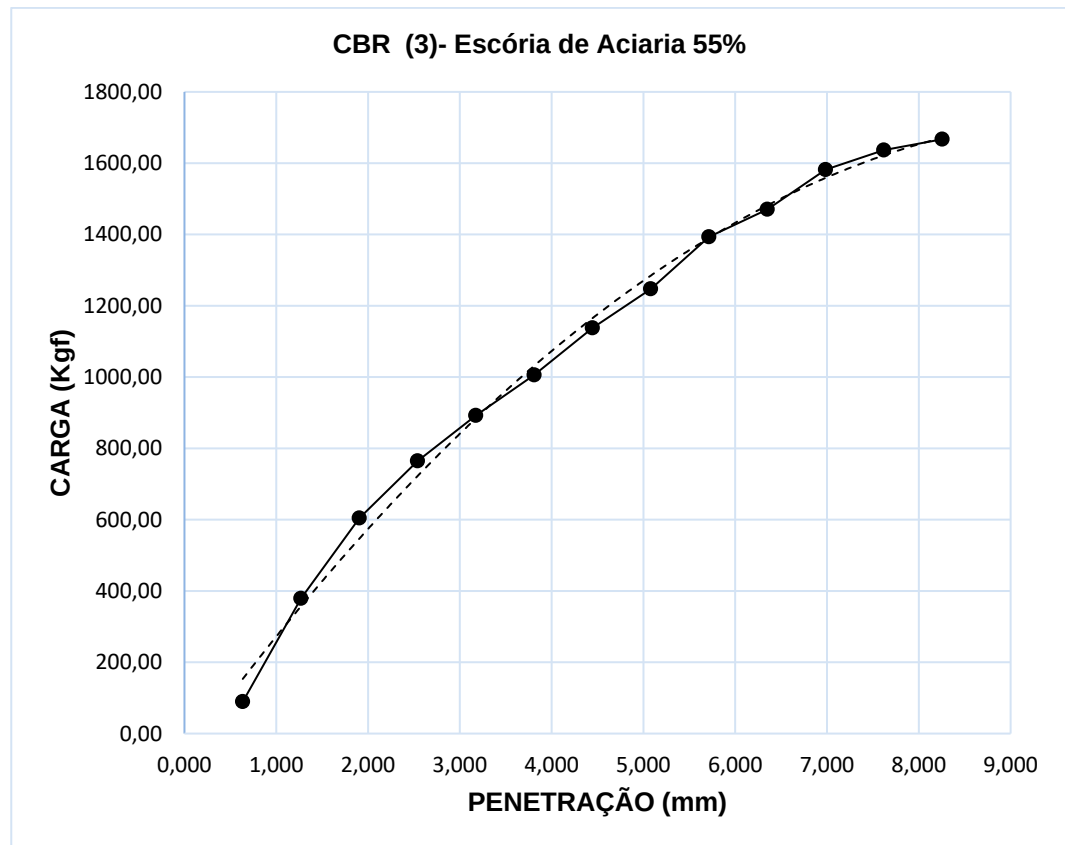
DADOS	Carga Kg	CBR (%)	∴ CBR (%)	EXPANSÃO (%)
CBR 0,1" (%) =	794,98	62,4	65,3	0,01
CBR 0,2" (%) =	1241,14	65,3		

 UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" Câmpus de Ilha Solteira		DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL																																																																											
ENSAIO DE CBR – Escória de aciaria 55% - 2																																																																													
Operador: Igor Muller Local: Ilha Solteira Amostra: Solo-Agregado (45%/55%) - Intermediário			Umidade ótima (w): 10,4 % Densidade Máxima (pd máx): 2,163 g/cm³ Data: 11/04/2023																																																																										
PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA			SATURAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA																																																																										
Cilindro N°	2		DIA HORA TEMP. DEC.	ALTURA INICIAL: 11,41 LEITURA DEFLECT. Δh (%)																																																																									
N° de camadas	5																																																																												
N° de golpes	26																																																																												
DADOS DE AMOSTRA			CBR: 65,70 % EXPANSÃO: 0,02 % GRAU DE COMPACTAÇÃO:																																																																										
	ANTES DA SATURAÇÃO	APÓS SATURAÇÃO																																																																											
Peso am. Um. + molde (g)	9230	9280																																																																											
Peso do molde (g)	4261	4261																																																																											
Peso da amostra (g)	4969	5019																																																																											
Volume da amostra (cm³)	2081	2081																																																																											
Densidade aparente úmida (g/cm³)	2,388	2,412																																																																											
DETERMINAÇÃO DO TEOR DA UMIDADE																																																																													
Capsula:																																																																													
Solo + Água + Tara (g)																																																																													
Solo + Tara (g)																																																																													
Solo (g)																																																																													
Água (g)																																																																													
Tara (g)																																																																													
w (%)																																																																													
w média (%)																																																																													
Densidade aparente seca máxima (g/cm³)																																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (mm)</th> <th rowspan="2">TEMPO (mm)</th> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (pol)</th> <th colspan="2">GOLPES POR CAMADA</th> </tr> <tr> <th>Def. do anel (mm)</th> <th>Carga (Kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,635</td><td>0,5</td><td>0,025</td><td>44</td><td>89,23</td></tr> <tr><td>1,270</td><td>1</td><td>0,050</td><td>187</td><td>379,24</td></tr> <tr><td>1,905</td><td>1,5</td><td>0,075</td><td>298</td><td>604,34</td></tr> <tr><td>2,540</td><td>2</td><td>0,100</td><td>377</td><td>764,56</td></tr> <tr><td>3,175</td><td>2,5</td><td>0,125</td><td>440</td><td>892,32</td></tr> <tr><td>3,810</td><td>3</td><td>0,150</td><td>496</td><td>1005,89</td></tr> <tr><td>4,445</td><td>3,5</td><td>0,175</td><td>561</td><td>1137,71</td></tr> <tr><td>5,080</td><td>4</td><td>0,200</td><td>615</td><td>1247,22</td></tr> <tr><td>5,715</td><td>4,5</td><td>0,225</td><td>687</td><td>1393,24</td></tr> <tr><td>6,350</td><td>5</td><td>0,250</td><td>725</td><td>1470,30</td></tr> <tr><td>6,985</td><td>5,5</td><td>0,275</td><td>780</td><td>1581,84</td></tr> <tr><td>7,620</td><td>6</td><td>0,300</td><td>807</td><td>1636,60</td></tr> <tr><td>8,255</td><td>6,5</td><td>0,325</td><td>822</td><td>1667,02</td></tr> </tbody> </table>					PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA		Def. do anel (mm)	Carga (Kg)	0,635	0,5	0,025	44	89,23	1,270	1	0,050	187	379,24	1,905	1,5	0,075	298	604,34	2,540	2	0,100	377	764,56	3,175	2,5	0,125	440	892,32	3,810	3	0,150	496	1005,89	4,445	3,5	0,175	561	1137,71	5,080	4	0,200	615	1247,22	5,715	4,5	0,225	687	1393,24	6,350	5	0,250	725	1470,30	6,985	5,5	0,275	780	1581,84	7,620	6	0,300	807	1636,60	8,255	6,5	0,325	822	1667,02	
PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA																																																																										
			Def. do anel (mm)	Carga (Kg)																																																																									
0,635	0,5	0,025	44	89,23																																																																									
1,270	1	0,050	187	379,24																																																																									
1,905	1,5	0,075	298	604,34																																																																									
2,540	2	0,100	377	764,56																																																																									
3,175	2,5	0,125	440	892,32																																																																									
3,810	3	0,150	496	1005,89																																																																									
4,445	3,5	0,175	561	1137,71																																																																									
5,080	4	0,200	615	1247,22																																																																									
5,715	4,5	0,225	687	1393,24																																																																									
6,350	5	0,250	725	1470,30																																																																									
6,985	5,5	0,275	780	1581,84																																																																									
7,620	6	0,300	807	1636,60																																																																									
8,255	6,5	0,325	822	1667,02																																																																									

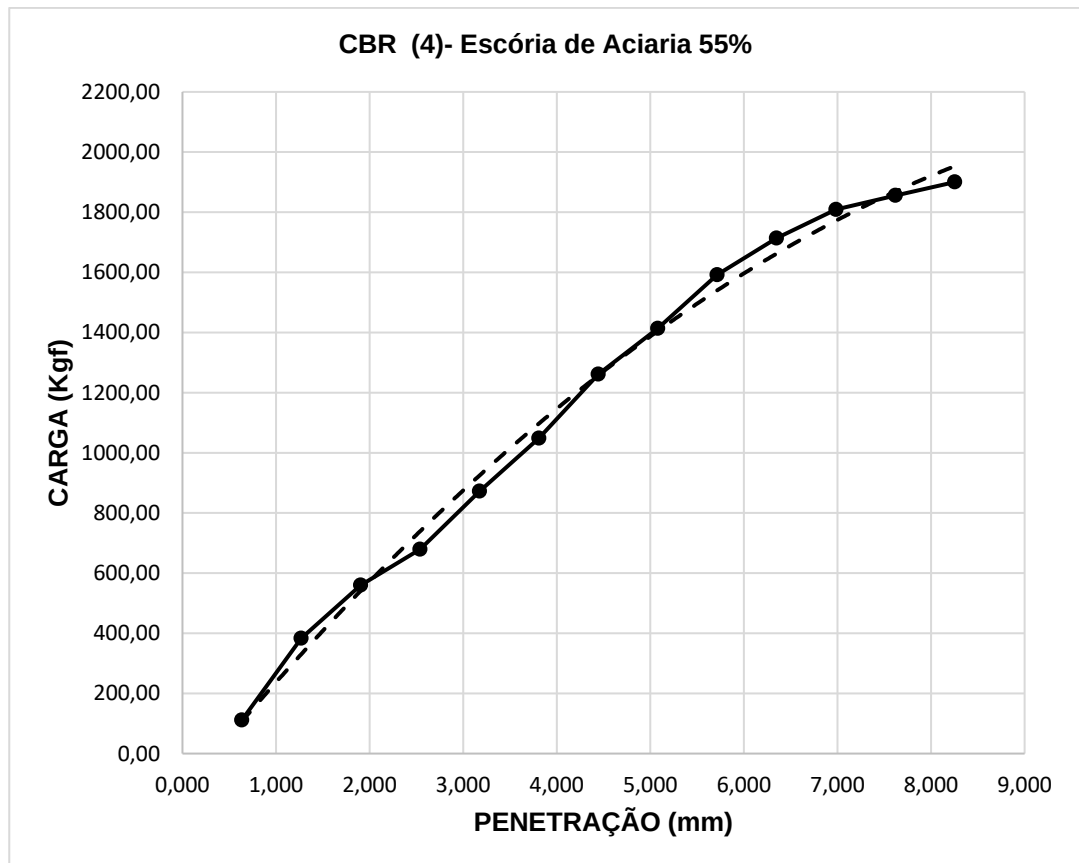


DADOS	Carga Kg	CBR (%)	∴ CBR (%)	EXPANSÃO (%)
CBR 0,1" (%) =	764,56	61,7	65,7	0,02
CBR 0,2" (%) =	1247,22	65,7		

 UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" Câmpus de Ilha Solteira		DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL																																																																									
ENSAIO DE CBR – Escória de aciaria 55% - 3																																																																											
Operador: Igor Muller Local: Ilha Solteira Amostra: Solo-Agregado (45%/55%) - Intermediário		Umidade ótima (w): 10,4 % Densidade Máxima (pd máx): 2,180 g/cm³ Data: 17/04/2023																																																																									
PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA		SATURAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA																																																																									
Cilindro N°	2																																																																										
N° de camadas	5																																																																										
N° de golpes	26																																																																										
DADOS DE AMOSTRA		ANTES DA SATURAÇÃO	APÓS SATURAÇÃO																																																																								
Peso am. Um. + molde (g)	9270	9035																																																																									
Peso do molde (g)	4261	4261																																																																									
Peso da amostra (g)	5009	4774																																																																									
Volume da amostra (cm³)	2081	2081																																																																									
Densidade aparente úmida (g/cm³)	2,407	2,294																																																																									
DETERMINAÇÃO DO TEOR DA UMIDADE																																																																											
Capsula:																																																																											
Solo + Água + Tara (g)																																																																											
Solo + Tara (g)																																																																											
Solo (g)																																																																											
Água (g)																																																																											
Tara (g)																																																																											
w (%)																																																																											
w média (%)																																																																											
Densidade aparente seca máxima (g/cm³)																																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (mm)</th> <th rowspan="2">TEMPO (mm)</th> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (pol)</th> <th colspan="2">GOLPES POR CAMADA</th> </tr> <tr> <th>Def. do anel (mm)</th> <th>Carga (Kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,635</td><td>0,5</td><td>0,025</td><td>63</td><td>127,76</td></tr> <tr><td>1,270</td><td>1</td><td>0,050</td><td>180</td><td>365,04</td></tr> <tr><td>1,905</td><td>1,5</td><td>0,075</td><td>260</td><td>527,28</td></tr> <tr><td>2,540</td><td>2</td><td>0,100</td><td>349</td><td>707,77</td></tr> <tr><td>3,175</td><td>2,5</td><td>0,125</td><td>410</td><td>831,48</td></tr> <tr><td>3,810</td><td>3</td><td>0,150</td><td>476</td><td>965,33</td></tr> <tr><td>4,445</td><td>3,5</td><td>0,175</td><td>524</td><td>1062,67</td></tr> <tr><td>5,080</td><td>4</td><td>0,200</td><td>570</td><td>1155,96</td></tr> <tr><td>5,715</td><td>4,5</td><td>0,225</td><td>648</td><td>1314,14</td></tr> <tr><td>6,350</td><td>5</td><td>0,250</td><td>690</td><td>1399,32</td></tr> <tr><td>6,985</td><td>5,5</td><td>0,275</td><td>713</td><td>1445,96</td></tr> <tr><td>7,620</td><td>6</td><td>0,300</td><td>754</td><td>1529,11</td></tr> <tr><td>8,255</td><td>6,5</td><td>0,325</td><td>797</td><td>1616,32</td></tr> </tbody> </table>				PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA		Def. do anel (mm)	Carga (Kg)	0,635	0,5	0,025	63	127,76	1,270	1	0,050	180	365,04	1,905	1,5	0,075	260	527,28	2,540	2	0,100	349	707,77	3,175	2,5	0,125	410	831,48	3,810	3	0,150	476	965,33	4,445	3,5	0,175	524	1062,67	5,080	4	0,200	570	1155,96	5,715	4,5	0,225	648	1314,14	6,350	5	0,250	690	1399,32	6,985	5,5	0,275	713	1445,96	7,620	6	0,300	754	1529,11	8,255	6,5	0,325	797	1616,32
PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA																																																																								
			Def. do anel (mm)	Carga (Kg)																																																																							
0,635	0,5	0,025	63	127,76																																																																							
1,270	1	0,050	180	365,04																																																																							
1,905	1,5	0,075	260	527,28																																																																							
2,540	2	0,100	349	707,77																																																																							
3,175	2,5	0,125	410	831,48																																																																							
3,810	3	0,150	476	965,33																																																																							
4,445	3,5	0,175	524	1062,67																																																																							
5,080	4	0,200	570	1155,96																																																																							
5,715	4,5	0,225	648	1314,14																																																																							
6,350	5	0,250	690	1399,32																																																																							
6,985	5,5	0,275	713	1445,96																																																																							
7,620	6	0,300	754	1529,11																																																																							
8,255	6,5	0,325	797	1616,32																																																																							
CBR: 62,60 % EXPANSÃO: 0,01 % GRAU DE COMPACTAÇÃO:																																																																											

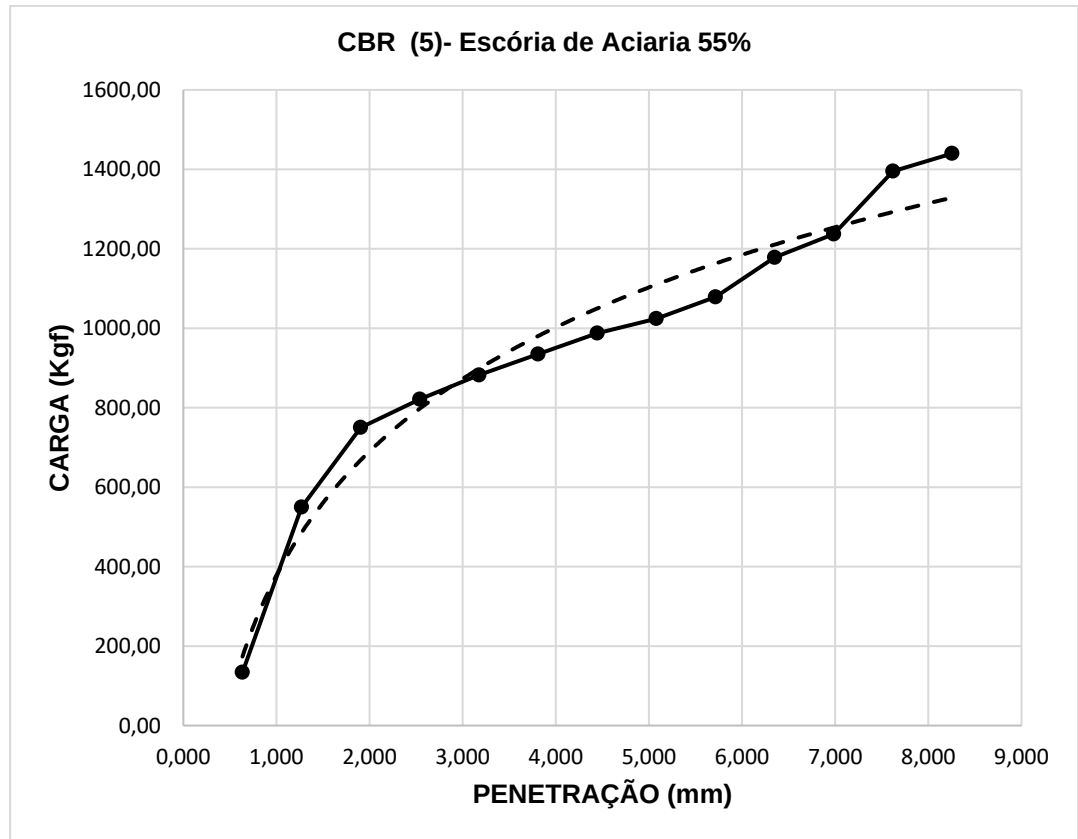


DADOS	Carga Kg	CBR (%)	∴ CBR (%)	EXPANSÃO (%)
CBR 0,1" (%) =	707,77	56,9	62,6	0,01
CBR 0,2" (%) =	1155,96	62,6		



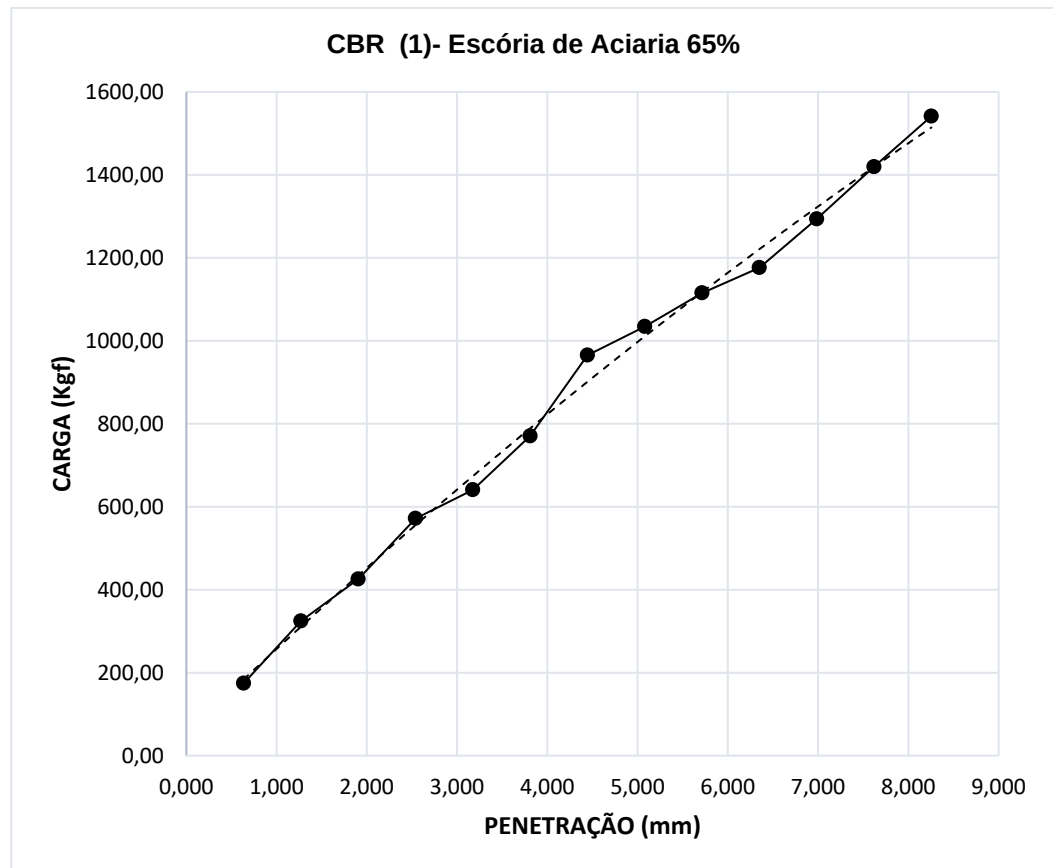
DADOS	Carga Kg	CBR (%)	∴ CBR (%)	EXPANSÃO (%)
CBR 0,1" (%) =	679,38	54,8	74,6	0,02
CBR 0,2" (%) =	1413,52	74,6		

 UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" Câmpus de Ilha Solteira		DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL																																																																										
ENSAIO DE CBR – Escória de aciaria 55% - 5																																																																												
Operador: Igor Muller Local: Ilha Solteira Amostra: Solo-Agregado (45%/55%) - Intermediário		Umidade ótima (w): 10,4 % Densidade Máxima (pd máx): 2,128 g/cm³ Data: 07/06/2023																																																																										
PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA		SATURAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA																																																																										
Cilindro N°	2																																																																											
N° de camadas	5																																																																											
N° de golpes	26																																																																											
DADOS DE AMOSTRA		ALTURA INICIAL: 11,41																																																																										
	ANTES DA SATURAÇÃO	APÓS SATURAÇÃO	DIA HORA TEMP. DEC. LEITURA DEFLECT. Δh (%)																																																																									
Peso am. Um. + molde (g)	9150	9275	8 16:00 0 0,200 0,000 0,00																																																																									
Peso do molde (g)	4261	4261	9 16:00 24 0,206 0,006 0,05																																																																									
Peso da amostra (g)	4889	5014	10 16:00 48 0,206 0,006 0,05																																																																									
Volume da amostra (cm³)	2081	2081	11 16:00 72 0,206 0,006 0,05																																																																									
Densidade aparente úmida (g/cm³)	2,349	2,409	12 16:00 96 0,206 0,006 0,05																																																																									
DETERMINAÇÃO DO TEOR DA UMIDADE		CBR: 61,60 % EXPANSÃO: 0,05 % GRAU DE COMPACTAÇÃO:																																																																										
Capsula:																																																																												
Solo + Água + Tara (g)																																																																												
Solo + Tara (g)																																																																												
Solo (g)																																																																												
Água (g)																																																																												
Tara (g)																																																																												
w (%)																																																																												
w média (%)																																																																												
Densidade aparente seca máxima (g/cm³)																																																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (mm)</th> <th rowspan="2">TEMPO (mm)</th> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (pol)</th> <th colspan="2">GOLPES POR CAMADA</th> </tr> <tr> <th>Def. do anel (mm)</th> <th>Carga (Kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,635</td><td>0,5</td><td>0,025</td><td>66</td><td>133,85</td></tr> <tr><td>1,270</td><td>1</td><td>0,050</td><td>271</td><td>549,59</td></tr> <tr><td>1,905</td><td>1,5</td><td>0,075</td><td>370</td><td>750,36</td></tr> <tr><td>2,540</td><td>2</td><td>0,100</td><td>405</td><td>821,34</td></tr> <tr><td>3,175</td><td>2,5</td><td>0,125</td><td>435</td><td>882,18</td></tr> <tr><td>3,810</td><td>3</td><td>0,150</td><td>461</td><td>934,91</td></tr> <tr><td>4,445</td><td>3,5</td><td>0,175</td><td>487</td><td>987,64</td></tr> <tr><td>5,080</td><td>4</td><td>0,200</td><td>505</td><td>1024,14</td></tr> <tr><td>5,715</td><td>4,5</td><td>0,225</td><td>532</td><td>1078,90</td></tr> <tr><td>6,350</td><td>5</td><td>0,250</td><td>581</td><td>1178,27</td></tr> <tr><td>6,985</td><td>5,5</td><td>0,275</td><td>610</td><td>1237,08</td></tr> <tr><td>7,620</td><td>6</td><td>0,300</td><td>688</td><td>1395,26</td></tr> <tr><td>8,255</td><td>6,5</td><td>0,325</td><td>710</td><td>1439,88</td></tr> </tbody> </table>					PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA		Def. do anel (mm)	Carga (Kg)	0,635	0,5	0,025	66	133,85	1,270	1	0,050	271	549,59	1,905	1,5	0,075	370	750,36	2,540	2	0,100	405	821,34	3,175	2,5	0,125	435	882,18	3,810	3	0,150	461	934,91	4,445	3,5	0,175	487	987,64	5,080	4	0,200	505	1024,14	5,715	4,5	0,225	532	1078,90	6,350	5	0,250	581	1178,27	6,985	5,5	0,275	610	1237,08	7,620	6	0,300	688	1395,26	8,255	6,5	0,325	710	1439,88
PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA																																																																									
			Def. do anel (mm)	Carga (Kg)																																																																								
0,635	0,5	0,025	66	133,85																																																																								
1,270	1	0,050	271	549,59																																																																								
1,905	1,5	0,075	370	750,36																																																																								
2,540	2	0,100	405	821,34																																																																								
3,175	2,5	0,125	435	882,18																																																																								
3,810	3	0,150	461	934,91																																																																								
4,445	3,5	0,175	487	987,64																																																																								
5,080	4	0,200	505	1024,14																																																																								
5,715	4,5	0,225	532	1078,90																																																																								
6,350	5	0,250	581	1178,27																																																																								
6,985	5,5	0,275	610	1237,08																																																																								
7,620	6	0,300	688	1395,26																																																																								
8,255	6,5	0,325	710	1439,88																																																																								



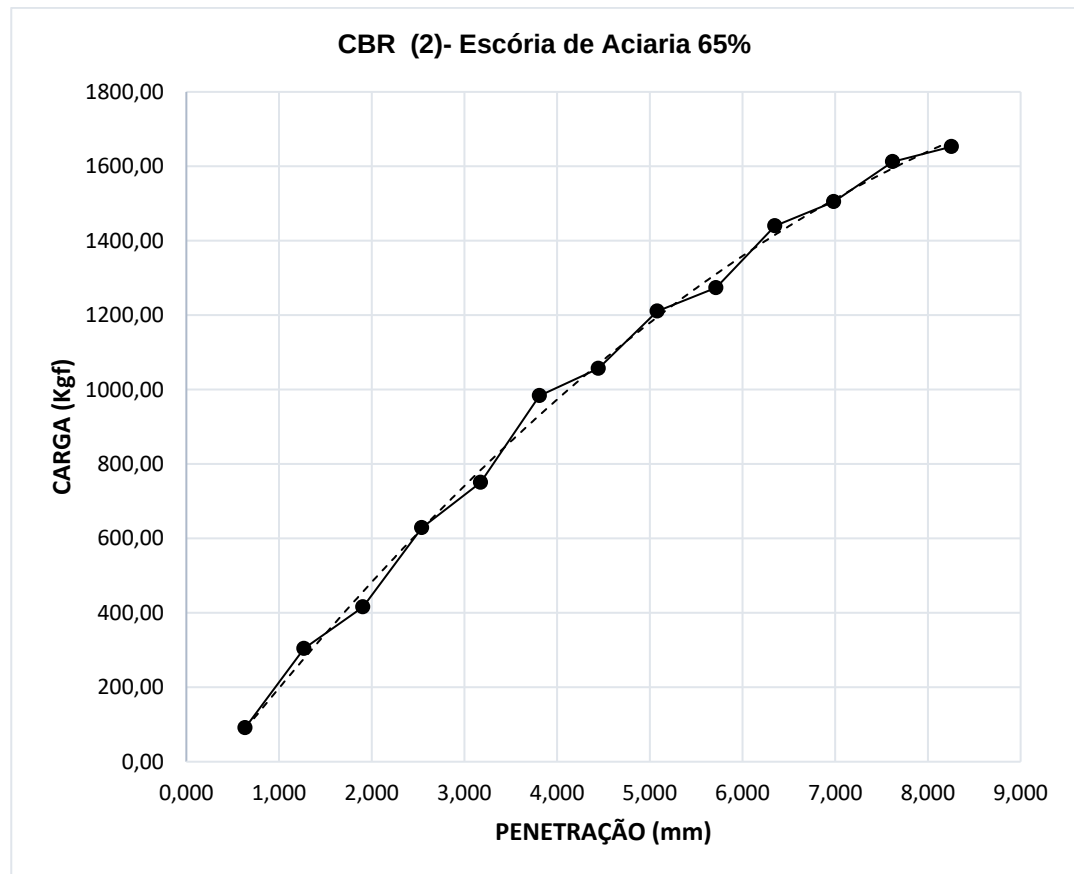
DADOS	Carga Kg	CBR (%)	∴ CBR (%)	EXPANSÃO (%)
CBR 0,1" (%) =	821,34	61,6	61,6	0,05
CBR 0,2" (%) =	1024,14	50,1		

 UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" Câmpus de Ilha Solteira		DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL																																																																									
ENSAIO DE CBR – Escória de aciaria 65% - 1																																																																											
Operador: Igor Muller Local: Ilha Solteira Amostra: Solo-Agregado (35%/65%) - Intermediário		Umidade ótima (w): 10,4 % Densidade Máxima (pd máx): 2,037 g/cm³ Data: 25/04/2023																																																																									
PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA		SATURAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA																																																																									
Cilindro N°	2																																																																										
N° de camadas	5																																																																										
N° de golpes	26																																																																										
DADOS DE AMOSTRA		ANTES DA SATURAÇÃO	APÓS SATURAÇÃO																																																																								
Peso am. Um. + molde (g)	8940	9015																																																																									
Peso do molde (g)	4261	4261																																																																									
Peso da amostra (g)	4679	4754																																																																									
Volume da amostra (cm³)	2081	2081																																																																									
Densidade aparente úmida (g/cm³)	2,248	2,284																																																																									
DETERMINAÇÃO DO TEOR DA UMIDADE																																																																											
Capsula:																																																																											
Solo + Água + Tara (g)																																																																											
Solo + Tara (g)																																																																											
Solo (g)																																																																											
Água (g)																																																																											
Tara (g)																																																																											
w (%)																																																																											
w média (%)																																																																											
Densidade aparente seca máxima (g/cm³)																																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (mm)</th> <th rowspan="2">TEMPO (mm)</th> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (pol)</th> <th colspan="2">GOLPES POR CAMADA</th> </tr> <tr> <th>Def. do anel (mm)</th> <th>Carga (Kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,635</td><td>0,5</td><td>0,025</td><td>86</td><td>174,41</td></tr> <tr><td>1,270</td><td>1</td><td>0,050</td><td>160</td><td>324,48</td></tr> <tr><td>1,905</td><td>1,5</td><td>0,075</td><td>210</td><td>425,88</td></tr> <tr><td>2,540</td><td>2</td><td>0,100</td><td>282</td><td>571,90</td></tr> <tr><td>3,175</td><td>2,5</td><td>0,125</td><td>316</td><td>640,85</td></tr> <tr><td>3,810</td><td>3</td><td>0,150</td><td>380</td><td>770,64</td></tr> <tr><td>4,445</td><td>3,5</td><td>0,175</td><td>476</td><td>965,33</td></tr> <tr><td>5,080</td><td>4</td><td>0,200</td><td>510</td><td>1034,28</td></tr> <tr><td>5,715</td><td>4,5</td><td>0,225</td><td>550</td><td>1115,40</td></tr> <tr><td>6,350</td><td>5</td><td>0,250</td><td>580</td><td>1176,24</td></tr> <tr><td>6,985</td><td>5,5</td><td>0,275</td><td>638</td><td>1293,86</td></tr> <tr><td>7,620</td><td>6</td><td>0,300</td><td>700</td><td>1419,60</td></tr> <tr><td>8,255</td><td>6,5</td><td>0,325</td><td>760</td><td>1541,28</td></tr> </tbody> </table>				PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA		Def. do anel (mm)	Carga (Kg)	0,635	0,5	0,025	86	174,41	1,270	1	0,050	160	324,48	1,905	1,5	0,075	210	425,88	2,540	2	0,100	282	571,90	3,175	2,5	0,125	316	640,85	3,810	3	0,150	380	770,64	4,445	3,5	0,175	476	965,33	5,080	4	0,200	510	1034,28	5,715	4,5	0,225	550	1115,40	6,350	5	0,250	580	1176,24	6,985	5,5	0,275	638	1293,86	7,620	6	0,300	700	1419,60	8,255	6,5	0,325	760	1541,28
PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA																																																																								
			Def. do anel (mm)	Carga (Kg)																																																																							
0,635	0,5	0,025	86	174,41																																																																							
1,270	1	0,050	160	324,48																																																																							
1,905	1,5	0,075	210	425,88																																																																							
2,540	2	0,100	282	571,90																																																																							
3,175	2,5	0,125	316	640,85																																																																							
3,810	3	0,150	380	770,64																																																																							
4,445	3,5	0,175	476	965,33																																																																							
5,080	4	0,200	510	1034,28																																																																							
5,715	4,5	0,225	550	1115,40																																																																							
6,350	5	0,250	580	1176,24																																																																							
6,985	5,5	0,275	638	1293,86																																																																							
7,620	6	0,300	700	1419,60																																																																							
8,255	6,5	0,325	760	1541,28																																																																							
CBR: 52,90 % EXPANSÃO: 0,01 % GRAU DE COMPACTAÇÃO:																																																																											



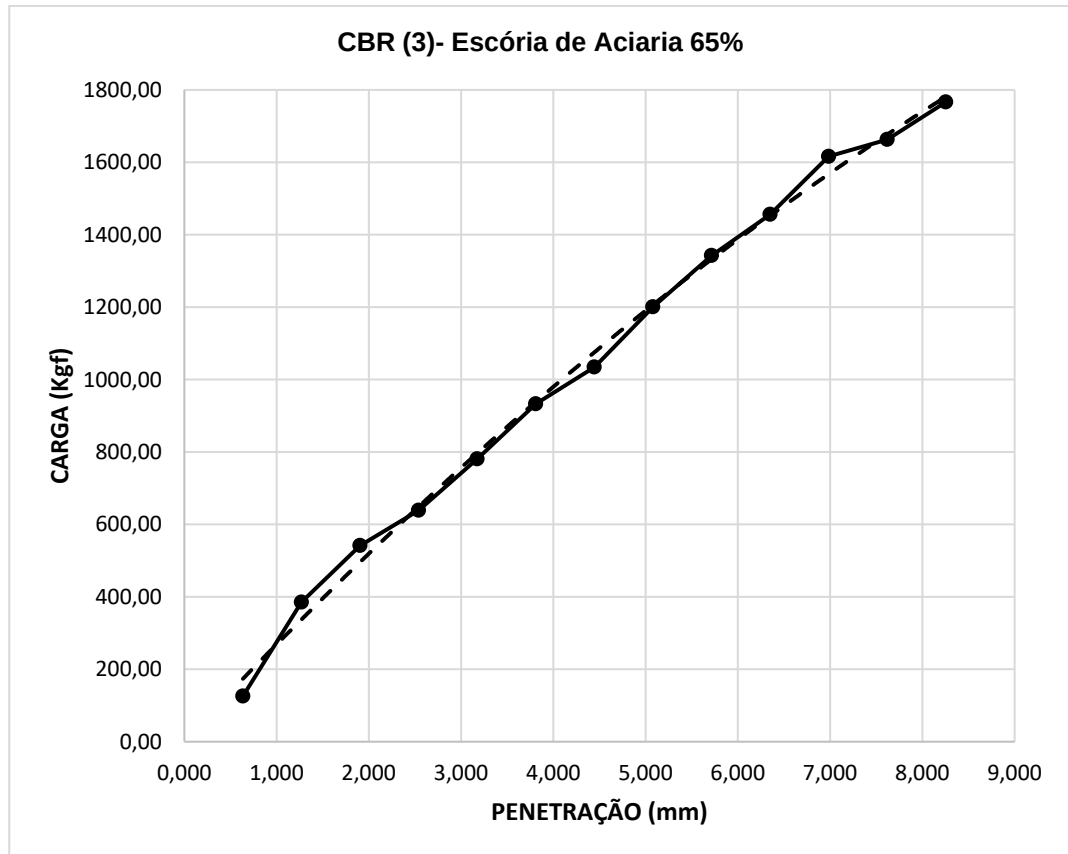
DADOS	Carga Kgf	CBR (%)	∴ CBR (%)	EXPANSÃO (%)
CBR 0,1" (%) =	571,90	44,9	52,9	0,01
CBR 0,2" (%) =	1034,28	52,9		

 UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" Câmpus de Ilha Solteira		DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL																																																																									
ENSAIO DE CBR – Escória de aciaria 65% - 2																																																																											
Operador: Igor Muller		Umidade ótima (w): 10,4 %																																																																									
Local: Ilha Solteira		Densidade Máxima (pd máx): 2,104 g/cm³																																																																									
Amostra: Solo-Agregado (35%/65%) - Intermediário		Data: 03/05/2023																																																																									
PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA		SATURAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA																																																																									
Cilindro N°	2																																																																										
N° de camadas	5																																																																										
N° de golpes	26																																																																										
DADOS DE AMOSTRA		ALTURA INICIAL: 11,41																																																																									
	ANTES DA SATURAÇÃO	APÓS SATURAÇÃO																																																																									
Peso am. Um. + molde (g)	9095	9145																																																																									
Peso do molde (g)	4261	4261																																																																									
Peso da amostra (g)	4834	4884																																																																									
Volume da amostra (cm³)	2081	2081																																																																									
Densidade aparente úmida (g/cm³)	2,323	2,347																																																																									
DETERMINAÇÃO DO TEOR DA UMIDADE																																																																											
Capsula:																																																																											
Solo + Água + Tara (g)																																																																											
Solo + Tara (g)																																																																											
Solo (g)																																																																											
Água (g)																																																																											
Tara (g)																																																																											
w (%)																																																																											
w média (%)																																																																											
Densidade aparente seca máxima (g/cm³)																																																																											
		CBR: 60,8 % EXPANSÃO: 0,02 % GRAU DE COMPACTAÇÃO:																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (mm)</th> <th rowspan="2">TEMPO (mm)</th> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (pol)</th> <th colspan="2">GOLPES POR CAMADA</th> </tr> <tr> <th>Def. do anel (mm)</th> <th>Carga (Kg)</th> </tr> <tr><td>0,635</td><td>0,5</td><td>0,025</td><td>45</td><td>91,26</td></tr> <tr><td>1,270</td><td>1</td><td>0,050</td><td>150</td><td>304,20</td></tr> <tr><td>1,905</td><td>1,5</td><td>0,075</td><td>205</td><td>415,74</td></tr> <tr><td>2,540</td><td>2</td><td>0,100</td><td>310</td><td>628,68</td></tr> <tr><td>3,175</td><td>2,5</td><td>0,125</td><td>370</td><td>750,36</td></tr> <tr><td>3,810</td><td>3</td><td>0,150</td><td>485</td><td>983,58</td></tr> <tr><td>4,445</td><td>3,5</td><td>0,175</td><td>521</td><td>1056,59</td></tr> <tr><td>5,080</td><td>4</td><td>0,200</td><td>597</td><td>1210,72</td></tr> <tr><td>5,715</td><td>4,5</td><td>0,225</td><td>628</td><td>1273,58</td></tr> <tr><td>6,350</td><td>5</td><td>0,250</td><td>710</td><td>1439,88</td></tr> <tr><td>6,985</td><td>5,5</td><td>0,275</td><td>742</td><td>1504,78</td></tr> <tr><td>7,620</td><td>6</td><td>0,300</td><td>795</td><td>1612,26</td></tr> <tr><td>8,255</td><td>6,5</td><td>0,325</td><td>815</td><td>1652,82</td></tr> </table>				PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA		Def. do anel (mm)	Carga (Kg)	0,635	0,5	0,025	45	91,26	1,270	1	0,050	150	304,20	1,905	1,5	0,075	205	415,74	2,540	2	0,100	310	628,68	3,175	2,5	0,125	370	750,36	3,810	3	0,150	485	983,58	4,445	3,5	0,175	521	1056,59	5,080	4	0,200	597	1210,72	5,715	4,5	0,225	628	1273,58	6,350	5	0,250	710	1439,88	6,985	5,5	0,275	742	1504,78	7,620	6	0,300	795	1612,26	8,255	6,5	0,325	815	1652,82
PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA																																																																								
			Def. do anel (mm)	Carga (Kg)																																																																							
0,635	0,5	0,025	45	91,26																																																																							
1,270	1	0,050	150	304,20																																																																							
1,905	1,5	0,075	205	415,74																																																																							
2,540	2	0,100	310	628,68																																																																							
3,175	2,5	0,125	370	750,36																																																																							
3,810	3	0,150	485	983,58																																																																							
4,445	3,5	0,175	521	1056,59																																																																							
5,080	4	0,200	597	1210,72																																																																							
5,715	4,5	0,225	628	1273,58																																																																							
6,350	5	0,250	710	1439,88																																																																							
6,985	5,5	0,275	742	1504,78																																																																							
7,620	6	0,300	795	1612,26																																																																							
8,255	6,5	0,325	815	1652,82																																																																							



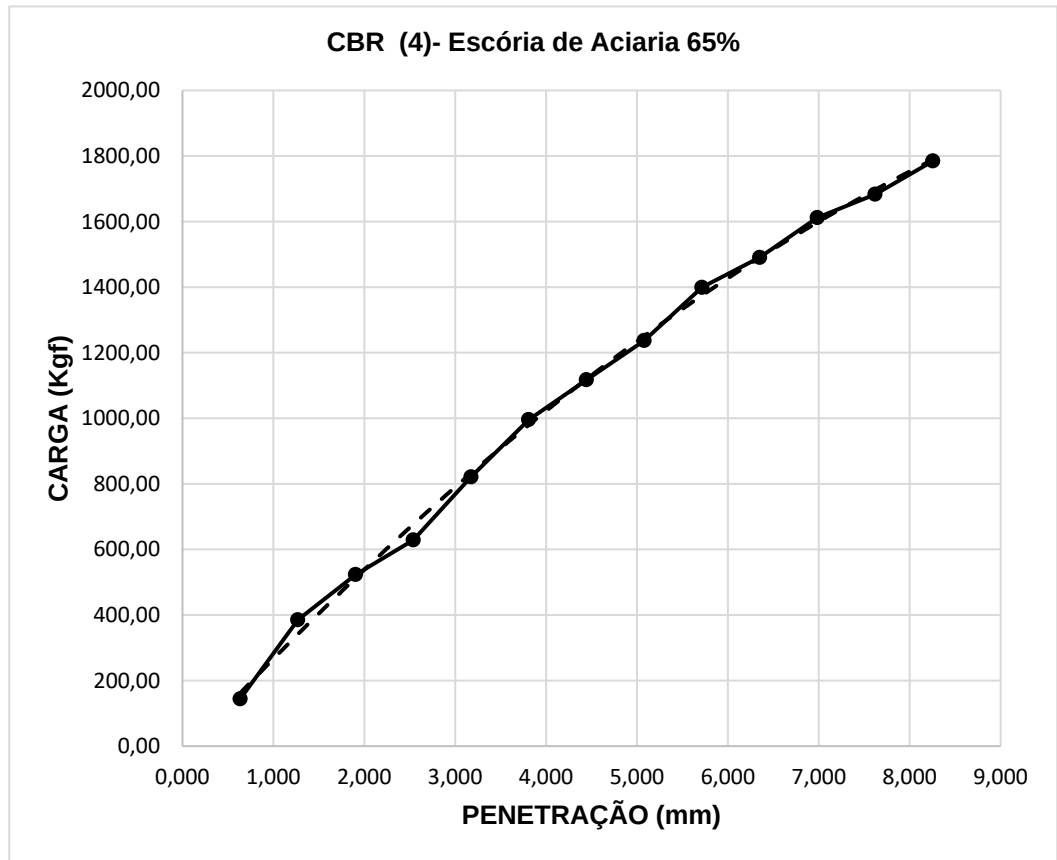
DADOS	Carga Kg	CBR (%)	∴ CBR (%)	EXPANSÃO (%)
CBR 0,1" (%) =	628,68	51,3	60,8	0,02
CBR 0,2" (%) =	1210,72	60,8		

 UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" Câmpus de Ilha Solteira		DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL																																																																										
ENSAIO DE CBR – Escória de aciaria 65% - 3																																																																												
Operador: Igor Muller Local: Ilha Solteira Amostra: Solo-Agregado (35%/65%) - Intermediário			Umidade ótima (w): 10,4 % Densidade Máxima (pd máx): 2,152 g/cm³ Data: 30/05/2023																																																																									
PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA			SATURAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA																																																																									
Cilindro N°	2		DIA HORA TEMP. DEC.	ALTURA INICIAL: 11,41																																																																								
N° de camadas	5			LEITURA DEFLECT. Δh (%)																																																																								
N° de golpes	26																																																																											
DADOS DE AMOSTRA			CBR: 60,7 % EXPANSÃO: 0,01 % GRAU DE COMPACTAÇÃO:																																																																									
	ANTES DA SATURAÇÃO	APÓS SATURAÇÃO																																																																										
Peso am. Um. + molde (g)	9205	9235																																																																										
Peso do molde (g)	4261	4261																																																																										
Peso da amostra (g)	4944	4974																																																																										
Volume da amostra (cm³)	2081	2081																																																																										
Densidade aparente úmida (g/cm³)	2,376	2,390																																																																										
DETERMINAÇÃO DO TEOR DA UMIDADE																																																																												
Capsula:																																																																												
Solo + Água + Tara (g)																																																																												
Solo + Tara (g)																																																																												
Solo (g)																																																																												
Água (g)																																																																												
Tara (g)																																																																												
w (%)																																																																												
w média (%)																																																																												
Densidade aparente seca máxima (g/cm³)																																																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (mm)</th> <th rowspan="2">TEMPO (mm)</th> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (pol)</th> <th colspan="2">GOLPES POR CAMADA</th> </tr> <tr> <th>Def. do anel (mm)</th> <th>Carga (Kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,635</td><td>0,5</td><td>0,025</td><td>62</td><td>125,74</td></tr> <tr><td>1,270</td><td>1</td><td>0,050</td><td>190</td><td>385,32</td></tr> <tr><td>1,905</td><td>1,5</td><td>0,075</td><td>267</td><td>541,48</td></tr> <tr><td>2,540</td><td>2</td><td>0,100</td><td>315</td><td>638,82</td></tr> <tr><td>3,175</td><td>2,5</td><td>0,125</td><td>385</td><td>780,78</td></tr> <tr><td>3,810</td><td>3</td><td>0,150</td><td>460</td><td>932,88</td></tr> <tr><td>4,445</td><td>3,5</td><td>0,175</td><td>510</td><td>1034,28</td></tr> <tr><td>5,080</td><td>4</td><td>0,200</td><td>592</td><td>1200,58</td></tr> <tr><td>5,715</td><td>4,5</td><td>0,225</td><td>662</td><td>1342,54</td></tr> <tr><td>6,350</td><td>5</td><td>0,250</td><td>718</td><td>1456,10</td></tr> <tr><td>6,985</td><td>5,5</td><td>0,275</td><td>797</td><td>1616,32</td></tr> <tr><td>7,620</td><td>6</td><td>0,300</td><td>820</td><td>1662,96</td></tr> <tr><td>8,255</td><td>6,5</td><td>0,325</td><td>871</td><td>1766,39</td></tr> </tbody> </table>			PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA		Def. do anel (mm)	Carga (Kg)	0,635	0,5	0,025	62	125,74	1,270	1	0,050	190	385,32	1,905	1,5	0,075	267	541,48	2,540	2	0,100	315	638,82	3,175	2,5	0,125	385	780,78	3,810	3	0,150	460	932,88	4,445	3,5	0,175	510	1034,28	5,080	4	0,200	592	1200,58	5,715	4,5	0,225	662	1342,54	6,350	5	0,250	718	1456,10	6,985	5,5	0,275	797	1616,32	7,620	6	0,300	820	1662,96	8,255	6,5	0,325	871	1766,39		
PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)				GOLPES POR CAMADA																																																																						
			Def. do anel (mm)	Carga (Kg)																																																																								
0,635	0,5	0,025	62	125,74																																																																								
1,270	1	0,050	190	385,32																																																																								
1,905	1,5	0,075	267	541,48																																																																								
2,540	2	0,100	315	638,82																																																																								
3,175	2,5	0,125	385	780,78																																																																								
3,810	3	0,150	460	932,88																																																																								
4,445	3,5	0,175	510	1034,28																																																																								
5,080	4	0,200	592	1200,58																																																																								
5,715	4,5	0,225	662	1342,54																																																																								
6,350	5	0,250	718	1456,10																																																																								
6,985	5,5	0,275	797	1616,32																																																																								
7,620	6	0,300	820	1662,96																																																																								
8,255	6,5	0,325	871	1766,39																																																																								



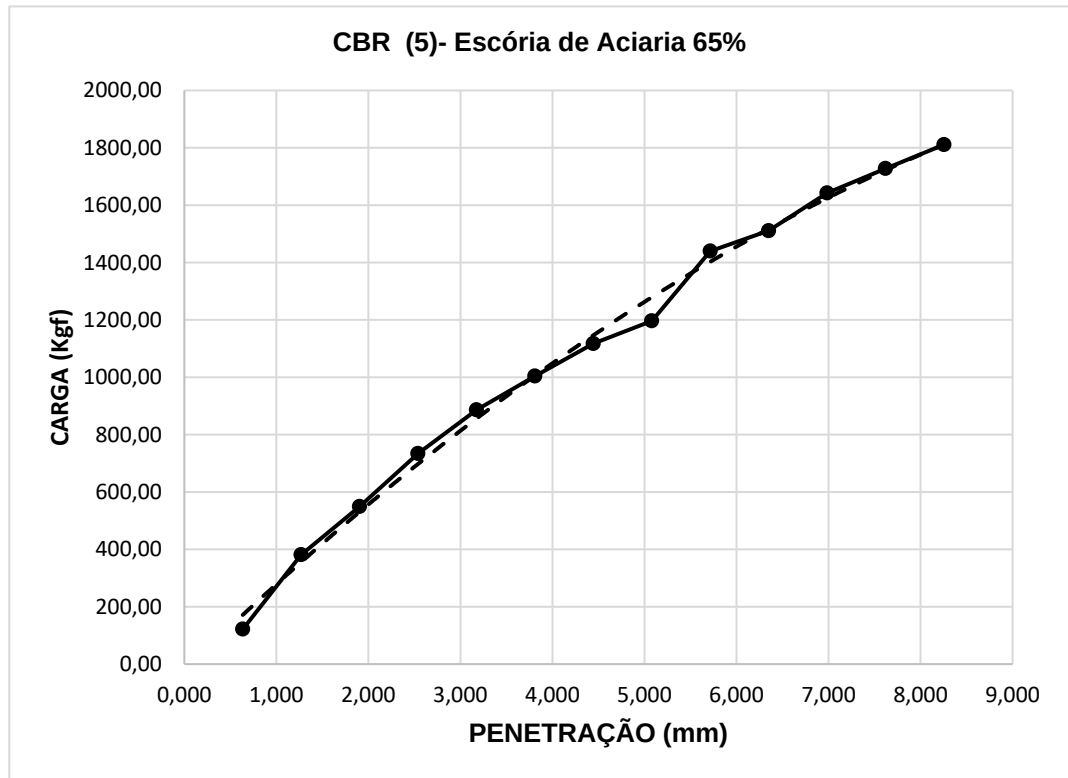
DADOS	Carga Kg	CBR (%)	∴ CBR (%)	EXPANSÃO (%)
CBR 0,1" (%) =	638,82	51,5	60,7	0,01
CBR 0,2" (%) =	1200,58	60,7		

PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA	
			Def. do anel (mm)	Carga (Kg)
0,635	0,5	0,025	71	143,99
1,270	1	0,050	190	385,32
1,905	1,5	0,075	258	523,22
2,540	2	0,100	310	628,68
3,175	2,5	0,125	405	821,34
3,810	3	0,150	491	995,75
4,445	3,5	0,175	551	1117,43
5,080	4	0,200	610	1237,08
5,715	4,5	0,225	690	1399,32
6,350	5	0,250	735	1490,58
6,985	5,5	0,275	795	1612,26
7,620	6	0,300	830	1683,24
8,255	6,5	0,325	880	1784,64



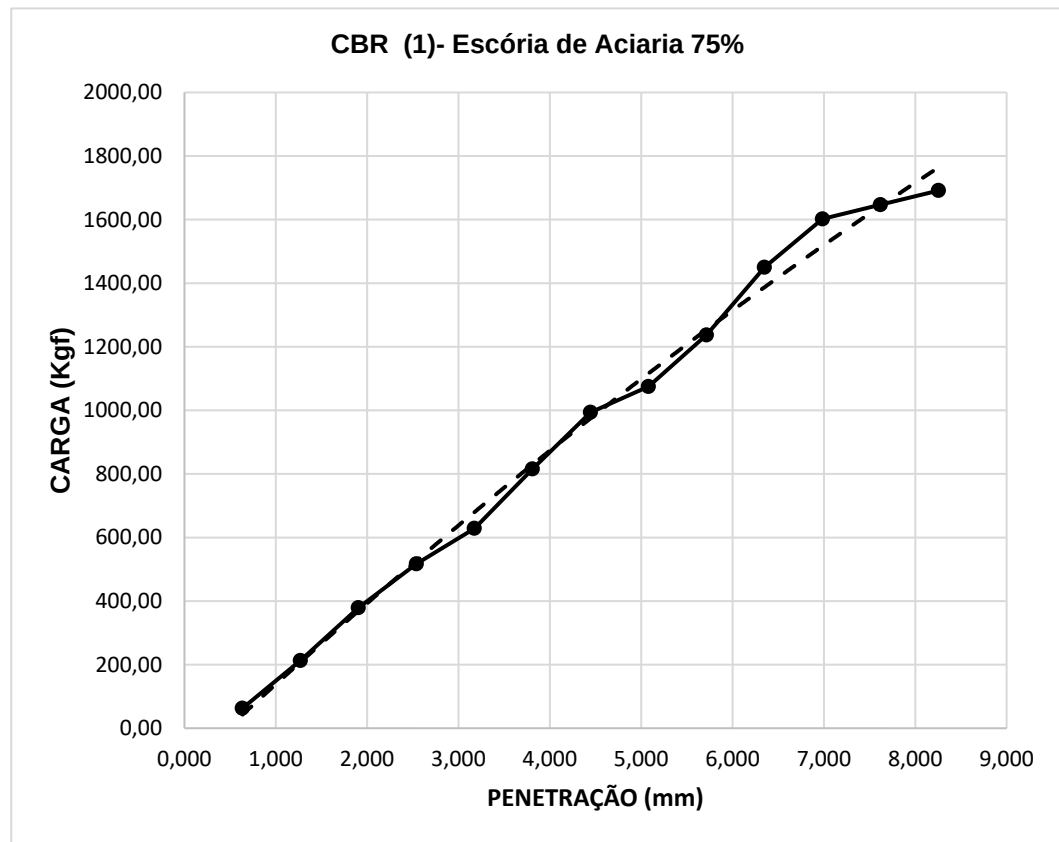
DADOS	Carga Kg	CBR (%)	∴ CBR (%)	EXPANSÃO (%)
CBR 0,1" (%) =	628,68	54,3	63,2	0,02
CBR 0,2" (%) =	1237,08	63,2		

 UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" Câmpus de Ilha Solteira		DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL																																																																														
ENSAIO DE CBR – Escória de aciaria 65% - 5																																																																																
Operador: Igor Muller Local: Ilha Solteira Amostra: Solo-Agregado (35%/65%) - Intermediário			Umidade ótima (w): 10,4 % Densidade Máxima (pd máx): 2,141 g/cm³ Data: 16/06/2023																																																																													
PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA			SATURAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA																																																																													
Cilindro N°	2		DIA	HORA	TEMP. DEC.	ALTURA INICIAL: 11,41																																																																										
N° de camadas	5					LEITURA DEFLECT.	Δh	(%)																																																																								
N° de golpes	26																																																																															
DADOS DE AMOSTRA			ANTES DA SATURAÇÃO			APÓS SATURAÇÃO																																																																										
Peso am. Um. + molde (g)			9180			9215																																																																										
Peso do molde (g)			4261			4261																																																																										
Peso da amostra (g)			4919			4954																																																																										
Volume da amostra (cm³)			2081			2081																																																																										
Densidade aparente úmida (g/cm³)			2,364			2,381																																																																										
DETERMINAÇÃO DO TEOR DA UMIDADE																																																																																
Capsula:																																																																																
Solo + Água + Tara (g)																																																																																
Solo + Tara (g)																																																																																
Solo (g)																																																																																
Água (g)																																																																																
Tara (g)																																																																																
w (%)																																																																																
w média (%)																																																																																
Densidade aparente seca máxima (g/cm³)																																																																																
						CBR: 63,3 % EXPANSÃO: 0,01 % GRAU DE COMPACTAÇÃO:																																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (mm)</th> <th rowspan="2">TEMPO (mm)</th> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (pol)</th> <th colspan="2">GOLPES POR CAMADA</th> </tr> <tr> <th>Def. do anel (mm)</th> <th>Carga (Kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,635</td><td>0,5</td><td>0,025</td><td>60</td><td>121,68</td></tr> <tr><td>1,270</td><td>1</td><td>0,050</td><td>188</td><td>381,26</td></tr> <tr><td>1,905</td><td>1,5</td><td>0,075</td><td>271</td><td>549,59</td></tr> <tr><td>2,540</td><td>2</td><td>0,100</td><td>362</td><td>734,14</td></tr> <tr><td>3,175</td><td>2,5</td><td>0,125</td><td>437</td><td>886,24</td></tr> <tr><td>3,810</td><td>3</td><td>0,150</td><td>495</td><td>1003,86</td></tr> <tr><td>4,445</td><td>3,5</td><td>0,175</td><td>551</td><td>1117,43</td></tr> <tr><td>5,080</td><td>4</td><td>0,200</td><td>590</td><td>1196,52</td></tr> <tr><td>5,715</td><td>4,5</td><td>0,225</td><td>710</td><td>1439,88</td></tr> <tr><td>6,350</td><td>5</td><td>0,250</td><td>745</td><td>1510,86</td></tr> <tr><td>6,985</td><td>5,5</td><td>0,275</td><td>810</td><td>1642,68</td></tr> <tr><td>7,620</td><td>6</td><td>0,300</td><td>852</td><td>1727,86</td></tr> <tr><td>8,255</td><td>6,5</td><td>0,325</td><td>893</td><td>1811,00</td></tr> </tbody> </table>					PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA		Def. do anel (mm)	Carga (Kg)	0,635	0,5	0,025	60	121,68	1,270	1	0,050	188	381,26	1,905	1,5	0,075	271	549,59	2,540	2	0,100	362	734,14	3,175	2,5	0,125	437	886,24	3,810	3	0,150	495	1003,86	4,445	3,5	0,175	551	1117,43	5,080	4	0,200	590	1196,52	5,715	4,5	0,225	710	1439,88	6,350	5	0,250	745	1510,86	6,985	5,5	0,275	810	1642,68	7,620	6	0,300	852	1727,86	8,255	6,5	0,325	893	1811,00				
PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA																																																																													
			Def. do anel (mm)	Carga (Kg)																																																																												
0,635	0,5	0,025	60	121,68																																																																												
1,270	1	0,050	188	381,26																																																																												
1,905	1,5	0,075	271	549,59																																																																												
2,540	2	0,100	362	734,14																																																																												
3,175	2,5	0,125	437	886,24																																																																												
3,810	3	0,150	495	1003,86																																																																												
4,445	3,5	0,175	551	1117,43																																																																												
5,080	4	0,200	590	1196,52																																																																												
5,715	4,5	0,225	710	1439,88																																																																												
6,350	5	0,250	745	1510,86																																																																												
6,985	5,5	0,275	810	1642,68																																																																												
7,620	6	0,300	852	1727,86																																																																												
8,255	6,5	0,325	893	1811,00																																																																												

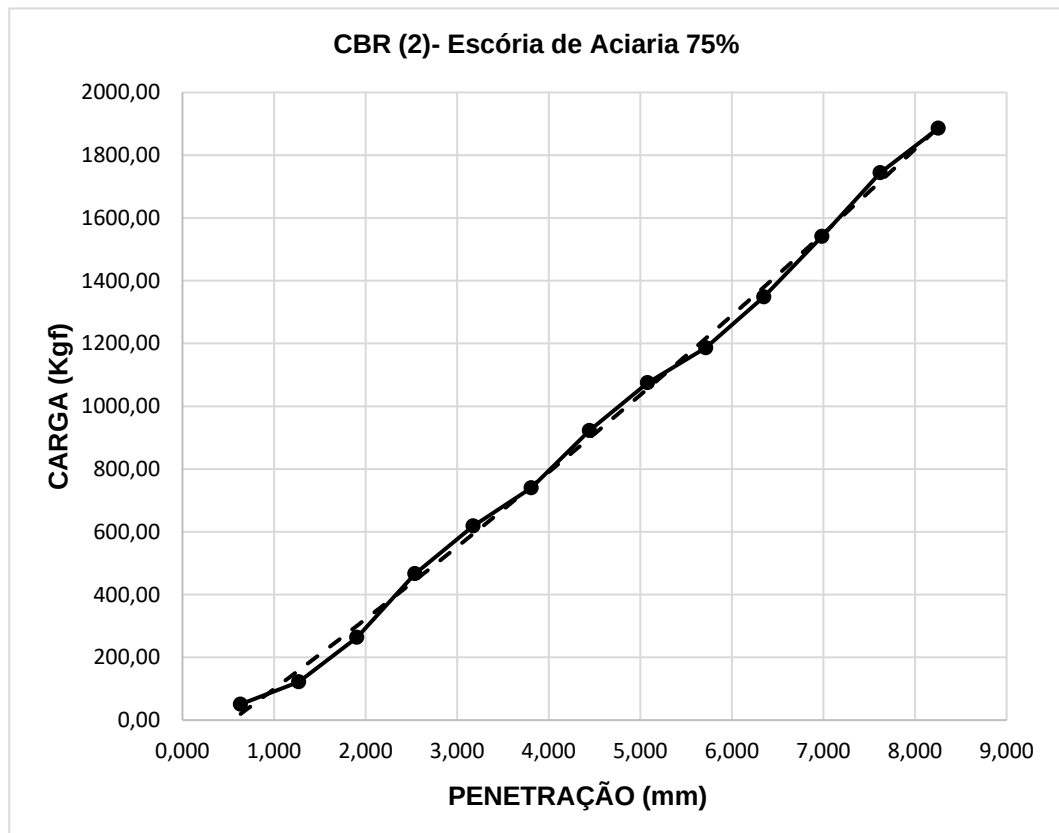


DADOS	Carga Kgf	CBR (%)	∴ CBR (%)	EXPANSÃO (%)
CBR 0,1" (%) =	734,14	57,1	63,3	0,01
CBR 0,2" (%) =	1196,52	63,3		

 UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" Câmpus de Ilha Solteira		DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL																																																																											
ENSAIO DE CBR – Escória de aciaria 75% - 1																																																																													
Operador: Igor Muller Local: Ilha Solteira Amostra: Solo-Agregado (25%/75%) - Intermediário			Umidade ótima (w): 10,4 % Densidade Máxima (pd máx): 2,130 g/cm³ Data: 26/06/2023																																																																										
PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA			SATURAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA																																																																										
Cilindro N°	2		DIA HORA TEMP. DEC.	ALTURA INICIAL: 11,41 LEITURA DEFLECT. Δh (%)																																																																									
N° de camadas	5																																																																												
N° de golpes	26																																																																												
DADOS DE AMOSTRA			ANTES DA SATURAÇÃO APÓS SATURAÇÃO																																																																										
Peso am. Um. + molde (g)	9155	9200	26	16:00	0																																																																								
Peso do molde (g)	4261	4261	27	16:00	24																																																																								
Peso da amostra (g)	4894	4939	28	16:00	48																																																																								
Volume da amostra (cm³)	2081	2081	29	16:00	72																																																																								
Densidade aparente úmida (g/cm³)	2,352	2,373	30	16:00	96																																																																								
DETERMINAÇÃO DO TEOR DA UMIDADE			CBR: 56,0 % EXPANSÃO: 0,01 % GRAU DE COMPACTAÇÃO:																																																																										
Capsula:																																																																													
Solo + Água + Tara (g)																																																																													
Solo + Tara (g)																																																																													
Solo (g)																																																																													
Água (g)																																																																													
Tara (g)																																																																													
w (%)																																																																													
w média (%)																																																																													
Densidade aparente seca máxima (g/cm³)																																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (mm)</th> <th rowspan="2">TEMPO (mm)</th> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (pol)</th> <th colspan="2">GOLPES POR CAMADA</th> </tr> <tr> <th>Def. do anel (mm)</th> <th>Carga (Kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,635</td><td>0,5</td><td>0,025</td><td>31</td><td>62,87</td></tr> <tr><td>1,270</td><td>1</td><td>0,050</td><td>105</td><td>212,94</td></tr> <tr><td>1,905</td><td>1,5</td><td>0,075</td><td>187</td><td>379,24</td></tr> <tr><td>2,540</td><td>2</td><td>0,100</td><td>255</td><td>517,14</td></tr> <tr><td>3,175</td><td>2,5</td><td>0,125</td><td>310</td><td>628,68</td></tr> <tr><td>3,810</td><td>3</td><td>0,150</td><td>402</td><td>815,26</td></tr> <tr><td>4,445</td><td>3,5</td><td>0,175</td><td>490</td><td>993,72</td></tr> <tr><td>5,080</td><td>4</td><td>0,200</td><td>530</td><td>1074,84</td></tr> <tr><td>5,715</td><td>4,5</td><td>0,225</td><td>610</td><td>1237,08</td></tr> <tr><td>6,350</td><td>5</td><td>0,250</td><td>715</td><td>1450,02</td></tr> <tr><td>6,985</td><td>5,5</td><td>0,275</td><td>790</td><td>1602,12</td></tr> <tr><td>7,620</td><td>6</td><td>0,300</td><td>812</td><td>1646,74</td></tr> <tr><td>8,255</td><td>6,5</td><td>0,325</td><td>834</td><td>1691,35</td></tr> </tbody> </table>						PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA		Def. do anel (mm)	Carga (Kg)	0,635	0,5	0,025	31	62,87	1,270	1	0,050	105	212,94	1,905	1,5	0,075	187	379,24	2,540	2	0,100	255	517,14	3,175	2,5	0,125	310	628,68	3,810	3	0,150	402	815,26	4,445	3,5	0,175	490	993,72	5,080	4	0,200	530	1074,84	5,715	4,5	0,225	610	1237,08	6,350	5	0,250	715	1450,02	6,985	5,5	0,275	790	1602,12	7,620	6	0,300	812	1646,74	8,255	6,5	0,325	834	1691,35
PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA																																																																										
			Def. do anel (mm)	Carga (Kg)																																																																									
0,635	0,5	0,025	31	62,87																																																																									
1,270	1	0,050	105	212,94																																																																									
1,905	1,5	0,075	187	379,24																																																																									
2,540	2	0,100	255	517,14																																																																									
3,175	2,5	0,125	310	628,68																																																																									
3,810	3	0,150	402	815,26																																																																									
4,445	3,5	0,175	490	993,72																																																																									
5,080	4	0,200	530	1074,84																																																																									
5,715	4,5	0,225	610	1237,08																																																																									
6,350	5	0,250	715	1450,02																																																																									
6,985	5,5	0,275	790	1602,12																																																																									
7,620	6	0,300	812	1646,74																																																																									
8,255	6,5	0,325	834	1691,35																																																																									

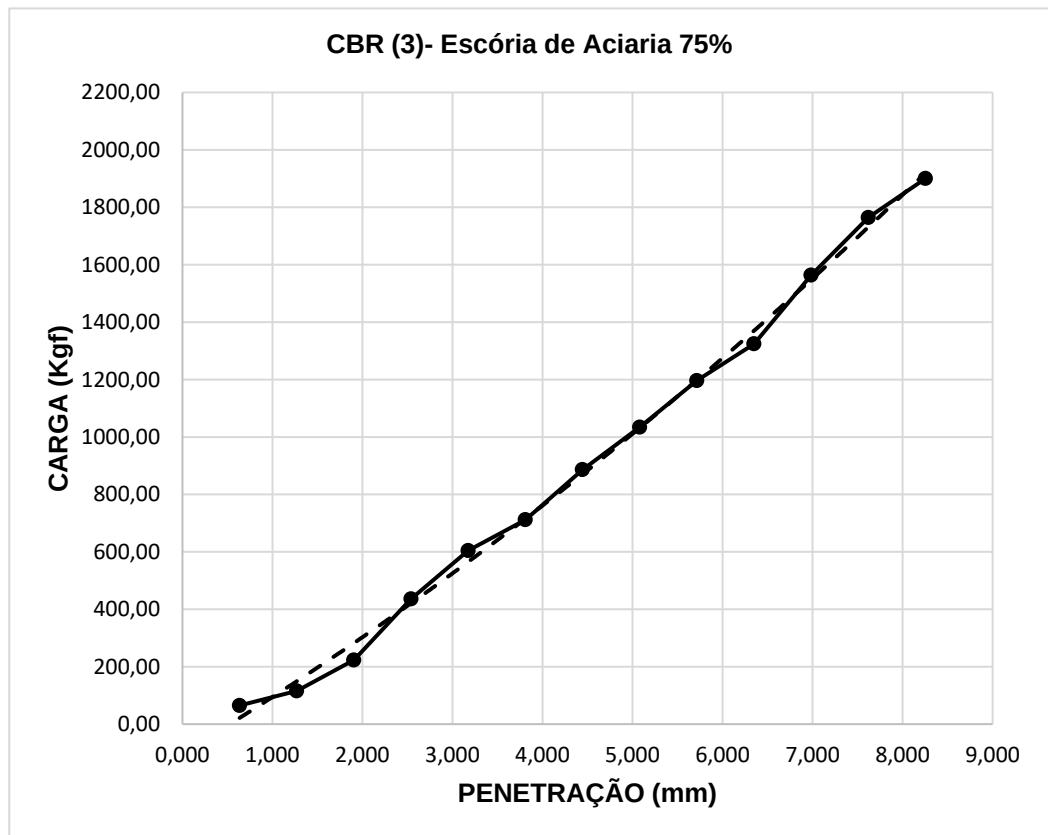


DADOS	Carga Kg	CBR (%)	∴ CBR (%)	EXPANSÃO (%)
CBR 0,1" (%) =	517,14	41,8	56,0	0,01
CBR 0,2" (%) =	1074,84	56,0		



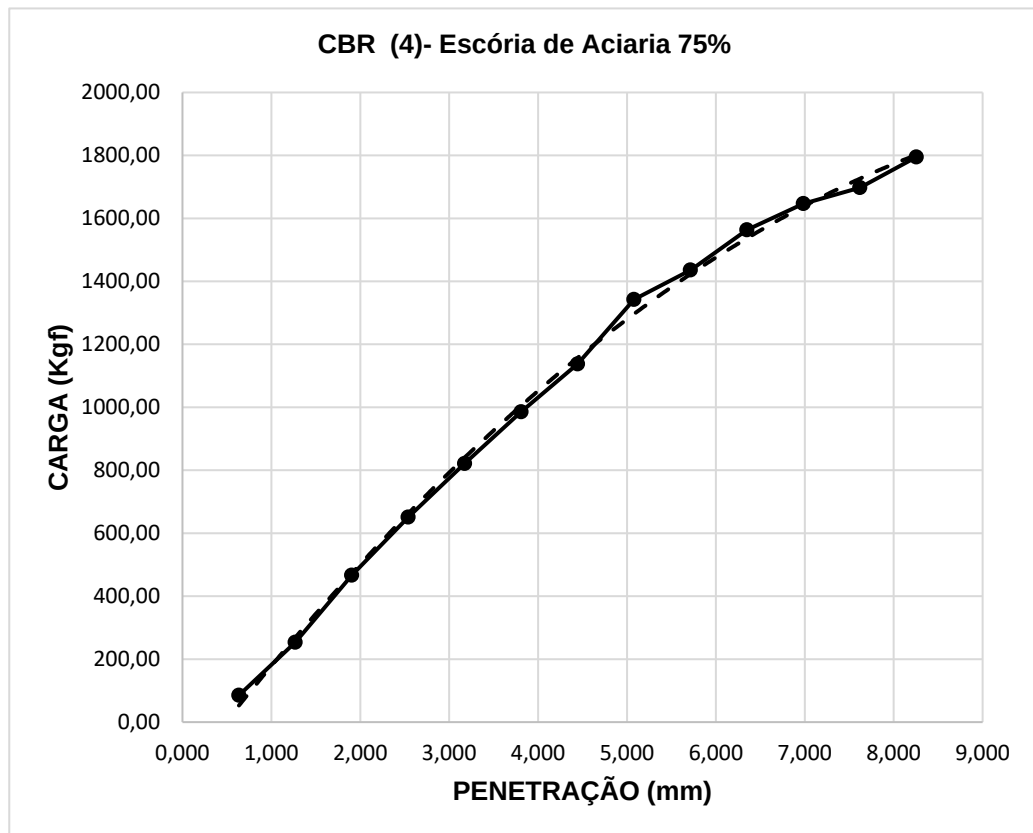
DADOS	Carga Kg	CBR (%)	∴ CBR (%)	EXPANSÃO (%)
CBR 0,1" (%) =	466,44	43,5	53,1	0,01
CBR 0,2" (%) =	1074,84	53,1		

 UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" Câmpus de Ilha Solteira		DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL																																																																									
ENSAIO DE CBR – Escória de aciaria 75% - 3																																																																											
Operador: Igor Muller		Umidade ótima (w): 10,4 %																																																																									
Local: Ilha Solteira		Densidade Máxima (pd máx): 2,076 g/cm³																																																																									
Amostra: Solo-Agregado (25%/75%) - Intermediário		Data: 16/05/2023																																																																									
PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA		SATURAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA																																																																									
Cilindro N°	2																																																																										
N° de camadas	5																																																																										
N° de golpes	26																																																																										
DADOS DE AMOSTRA		ALTURA INICIAL: 11,41																																																																									
	ANTES DA SATURAÇÃO	APÓS SATURAÇÃO																																																																									
Peso am. Um. + molde (g)	9030	9095																																																																									
Peso do molde (g)	4261	4261																																																																									
Peso da amostra (g)	4769	4834																																																																									
Volume da amostra (cm³)	2081	2081																																																																									
Densidade aparente úmida (g/cm³)	2,292	2,323																																																																									
DETERMINAÇÃO DO TEOR DA UMIDADE																																																																											
Capsula:																																																																											
Solo + Água + Tara (g)																																																																											
Solo + Tara (g)																																																																											
Solo (g)																																																																											
Água (g)																																																																											
Tara (g)																																																																											
w (%)																																																																											
w média (%)																																																																											
Densidade aparente seca máxima (g/cm³)																																																																											
		CBR: 52,7 % EXPANSÃO: 0,04 % GRAU DE COMPACTAÇÃO:																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (mm)</th> <th rowspan="2">TEMPO (mm)</th> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (pol)</th> <th colspan="2">GOLPES POR CAMADA</th> </tr> <tr> <th>Def. do anel (mm)</th> <th>Carga (Kg)</th> </tr> <tr><td>0,635</td><td>0,5</td><td>0,025</td><td>32</td><td>64,90</td></tr> <tr><td>1,270</td><td>1</td><td>0,050</td><td>57</td><td>115,60</td></tr> <tr><td>1,905</td><td>1,5</td><td>0,075</td><td>110</td><td>223,08</td></tr> <tr><td>2,540</td><td>2</td><td>0,100</td><td>215</td><td>436,02</td></tr> <tr><td>3,175</td><td>2,5</td><td>0,125</td><td>298</td><td>604,34</td></tr> <tr><td>3,810</td><td>3</td><td>0,150</td><td>351</td><td>711,83</td></tr> <tr><td>4,445</td><td>3,5</td><td>0,175</td><td>437</td><td>886,24</td></tr> <tr><td>5,080</td><td>4</td><td>0,200</td><td>510</td><td>1034,28</td></tr> <tr><td>5,715</td><td>4,5</td><td>0,225</td><td>590</td><td>1196,52</td></tr> <tr><td>6,350</td><td>5</td><td>0,250</td><td>653</td><td>1324,28</td></tr> <tr><td>6,985</td><td>5,5</td><td>0,275</td><td>771</td><td>1563,59</td></tr> <tr><td>7,620</td><td>6</td><td>0,300</td><td>870</td><td>1764,36</td></tr> <tr><td>8,255</td><td>6,5</td><td>0,325</td><td>937</td><td>1900,24</td></tr> </table>				PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA		Def. do anel (mm)	Carga (Kg)	0,635	0,5	0,025	32	64,90	1,270	1	0,050	57	115,60	1,905	1,5	0,075	110	223,08	2,540	2	0,100	215	436,02	3,175	2,5	0,125	298	604,34	3,810	3	0,150	351	711,83	4,445	3,5	0,175	437	886,24	5,080	4	0,200	510	1034,28	5,715	4,5	0,225	590	1196,52	6,350	5	0,250	653	1324,28	6,985	5,5	0,275	771	1563,59	7,620	6	0,300	870	1764,36	8,255	6,5	0,325	937	1900,24
PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA																																																																								
			Def. do anel (mm)	Carga (Kg)																																																																							
0,635	0,5	0,025	32	64,90																																																																							
1,270	1	0,050	57	115,60																																																																							
1,905	1,5	0,075	110	223,08																																																																							
2,540	2	0,100	215	436,02																																																																							
3,175	2,5	0,125	298	604,34																																																																							
3,810	3	0,150	351	711,83																																																																							
4,445	3,5	0,175	437	886,24																																																																							
5,080	4	0,200	510	1034,28																																																																							
5,715	4,5	0,225	590	1196,52																																																																							
6,350	5	0,250	653	1324,28																																																																							
6,985	5,5	0,275	771	1563,59																																																																							
7,620	6	0,300	870	1764,36																																																																							
8,255	6,5	0,325	937	1900,24																																																																							



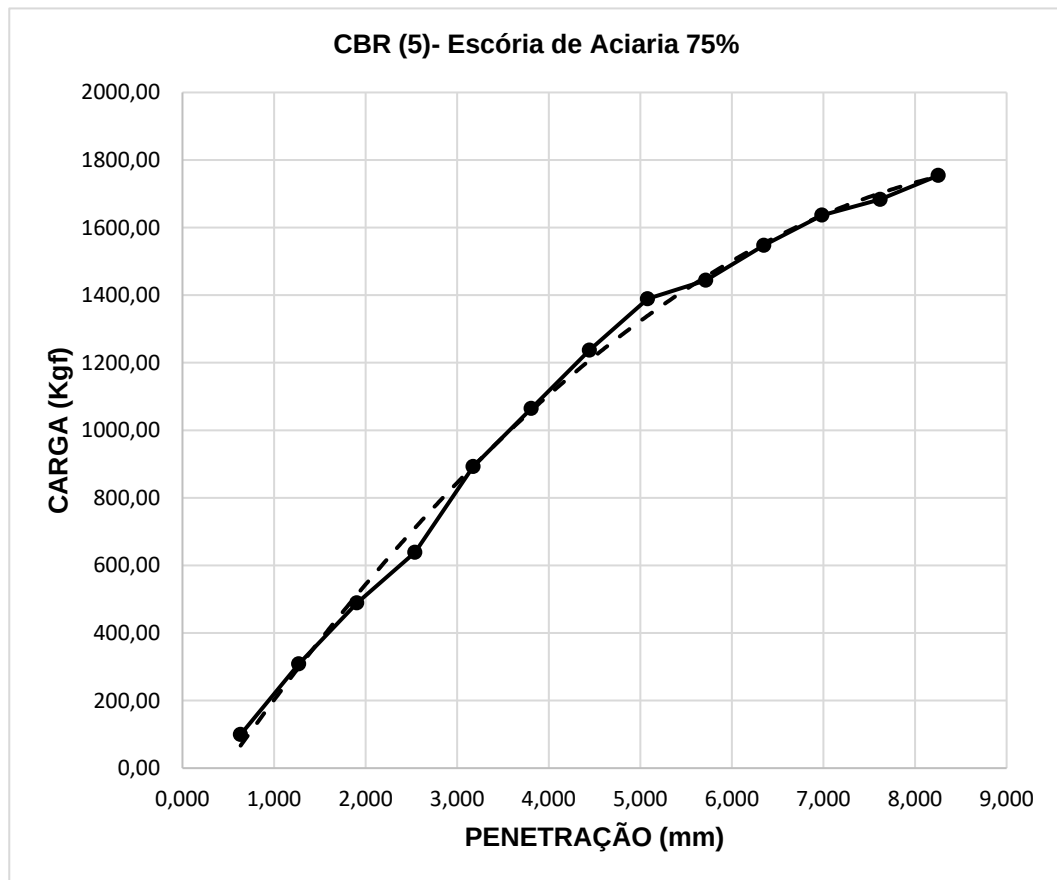
DADOS	Carga Kg	CBR (%)	∴ CBR (%)	EXPANSÃO (%)
CBR 0,1" (%) =	436,02	36,5	52,7	0,04
CBR 0,2" (%) =	1034,28	52,7		

1794,78



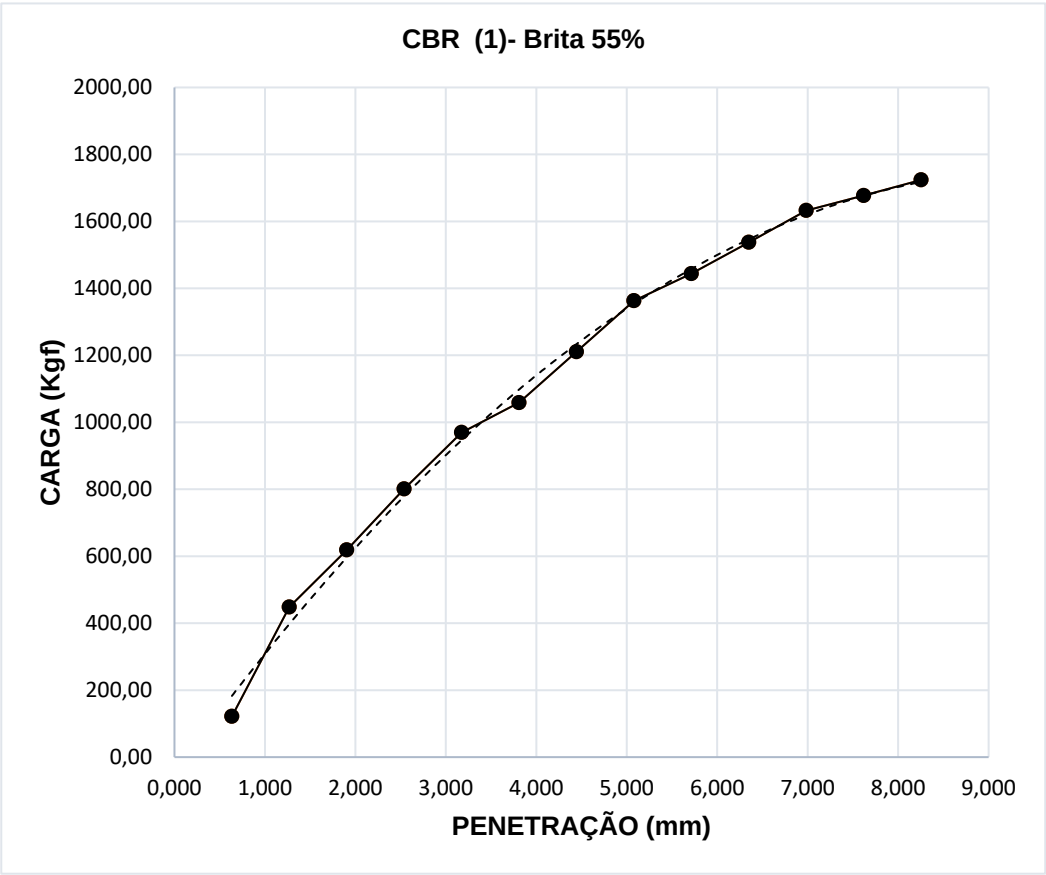
DADOS	Carga Kg	CBR (%)	∴ CBR (%)	EXPANSÃO (%)
CBR 0,1" (%) =	650,99	52,4	66,1	0,02
CBR 0,2" (%) =	1342,54	66,1		

 UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" Câmpus de Ilha Solteira		DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL																																																																									
ENSAIO DE CBR – Escória de aciaria 75% - 5																																																																											
Operador: Igor Muller		Umidade ótima (w): 10,4 %																																																																									
Local: Ilha Solteira		Densidade Máxima (pd máx): 2,154 g/cm³																																																																									
Amostra: Solo-Agregado (25%/75%) - Intermediário		Data: 07/07/2023																																																																									
PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA		SATURAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA																																																																									
Cilindro N°	2																																																																										
N° de camadas	5																																																																										
N° de golpes	26																																																																										
DADOS DE AMOSTRA		ANTES DA SATURAÇÃO	APÓS SATURAÇÃO																																																																								
Peso am. Um. + molde (g)	9210	9255																																																																									
Peso do molde (g)	4261	4261																																																																									
Peso da amostra (g)	4949	4994																																																																									
Volume da amostra (cm³)	2081	2081																																																																									
Densidade aparente úmida (g/cm³)	2,378	2,400																																																																									
DETERMINAÇÃO DO TEOR DA UMIDADE																																																																											
Capsula:																																																																											
Solo + Água + Tara (g)																																																																											
Solo + Tara (g)																																																																											
Solo (g)																																																																											
Água (g)																																																																											
Tara (g)																																																																											
w (%)																																																																											
w média (%)																																																																											
Densidade aparente seca máxima (g/cm³)																																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (mm)</th> <th rowspan="2">TEMPO (mm)</th> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (pol)</th> <th colspan="2">GOLPES POR CAMADA</th> </tr> <tr> <th>Def. do anel (mm)</th> <th>Carga (Kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,635</td><td>0,5</td><td>0,025</td><td>49</td><td>99,37</td></tr> <tr><td>1,270</td><td>1</td><td>0,050</td><td>152</td><td>308,26</td></tr> <tr><td>1,905</td><td>1,5</td><td>0,075</td><td>241</td><td>488,75</td></tr> <tr><td>2,540</td><td>2</td><td>0,100</td><td>315</td><td>638,82</td></tr> <tr><td>3,175</td><td>2,5</td><td>0,125</td><td>440</td><td>892,32</td></tr> <tr><td>3,810</td><td>3</td><td>0,150</td><td>525</td><td>1064,70</td></tr> <tr><td>4,445</td><td>3,5</td><td>0,175</td><td>610</td><td>1237,08</td></tr> <tr><td>5,080</td><td>4</td><td>0,200</td><td>685</td><td>1389,18</td></tr> <tr><td>5,715</td><td>4,5</td><td>0,225</td><td>712</td><td>1443,94</td></tr> <tr><td>6,350</td><td>5</td><td>0,250</td><td>763</td><td>1547,36</td></tr> <tr><td>6,985</td><td>5,5</td><td>0,275</td><td>807</td><td>1636,60</td></tr> <tr><td>7,620</td><td>6</td><td>0,300</td><td>830</td><td>1683,24</td></tr> <tr><td>8,255</td><td>6,5</td><td>0,325</td><td>865</td><td>1754,22</td></tr> </tbody> </table>				PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA		Def. do anel (mm)	Carga (Kg)	0,635	0,5	0,025	49	99,37	1,270	1	0,050	152	308,26	1,905	1,5	0,075	241	488,75	2,540	2	0,100	315	638,82	3,175	2,5	0,125	440	892,32	3,810	3	0,150	525	1064,70	4,445	3,5	0,175	610	1237,08	5,080	4	0,200	685	1389,18	5,715	4,5	0,225	712	1443,94	6,350	5	0,250	763	1547,36	6,985	5,5	0,275	807	1636,60	7,620	6	0,300	830	1683,24	8,255	6,5	0,325	865	1754,22
PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA																																																																								
			Def. do anel (mm)	Carga (Kg)																																																																							
0,635	0,5	0,025	49	99,37																																																																							
1,270	1	0,050	152	308,26																																																																							
1,905	1,5	0,075	241	488,75																																																																							
2,540	2	0,100	315	638,82																																																																							
3,175	2,5	0,125	440	892,32																																																																							
3,810	3	0,150	525	1064,70																																																																							
4,445	3,5	0,175	610	1237,08																																																																							
5,080	4	0,200	685	1389,18																																																																							
5,715	4,5	0,225	712	1443,94																																																																							
6,350	5	0,250	763	1547,36																																																																							
6,985	5,5	0,275	807	1636,60																																																																							
7,620	6	0,300	830	1683,24																																																																							
8,255	6,5	0,325	865	1754,22																																																																							
CBR: 69,4 %																																																																											
EXPANSÃO: 0,01 %																																																																											
GRAU DE COMPACTAÇÃO:																																																																											



DADOS	Carga Kg	CBR (%)	∴ CBR (%)	EXPANSÃO (%)
CBR 0,1" (%) =	638,82	54,9	69,4	0,01
CBR 0,2" (%) =	1389,18	69,4		

 UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" Câmpus de Ilha Solteira		DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL																																																																														
ENSAIO DE CBR Brita 1 55% - 1																																																																																
Operador: Igor Muller Local: Ilha Solteira Amostra: Solo-Agregado (45%/55%) - Intermediário			Umidade ótima (w): 10,4 % Densidade Máxima (pd máx): 2,143 g/cm³ Data: 11/04/2023																																																																													
PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA			SATURAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA																																																																													
Cilindro N°	5		DIA	HORA	TEMP. DEC.	ALTURA INICIAL: 11,51																																																																										
N° de camadas	5					LEITURA DEFLECT.	Δh	(%)																																																																								
N° de golpes	26																																																																															
DADOS DE AMOSTRA			ANTES DA SATURAÇÃO			APÓS SATURAÇÃO																																																																										
Peso am. Um. + molde (g)			9160			9205																																																																										
Peso do molde (g)			4188			4188																																																																										
Peso da amostra (g)			4972			5017																																																																										
Volume da amostra (cm³)			2102			2102																																																																										
Densidade aparente úmida (g/cm³)			2,365			2,387																																																																										
DETERMINAÇÃO DO TEOR DA UMIDADE																																																																																
Capsula:																																																																																
Solo + Água + Tara (g)																																																																																
Solo + Tara (g)																																																																																
Solo (g)																																																																																
Água (g)																																																																																
Tara (g)																																																																																
w (%)																																																																																
w média (%)																																																																																
Densidade aparente seca máxima (g/cm³)																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (mm)</th> <th rowspan="2">TEMPO (mm)</th> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (pol)</th> <th colspan="2">GOLPES POR CAMADA</th> </tr> <tr> <th>Def. do anel (mm)</th> <th>Carga (Kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,635</td><td>0,5</td><td>0,025</td><td>60</td><td>121,68</td></tr> <tr><td>1,270</td><td>1</td><td>0,050</td><td>221</td><td>448,19</td></tr> <tr><td>1,905</td><td>1,5</td><td>0,075</td><td>305</td><td>618,54</td></tr> <tr><td>2,540</td><td>2</td><td>0,100</td><td>395</td><td>801,06</td></tr> <tr><td>3,175</td><td>2,5</td><td>0,125</td><td>478</td><td>969,38</td></tr> <tr><td>3,810</td><td>3</td><td>0,150</td><td>522</td><td>1058,62</td></tr> <tr><td>4,445</td><td>3,5</td><td>0,175</td><td>597</td><td>1210,72</td></tr> <tr><td>5,080</td><td>4</td><td>0,200</td><td>672</td><td>1362,82</td></tr> <tr><td>5,715</td><td>4,5</td><td>0,225</td><td>712</td><td>1443,94</td></tr> <tr><td>6,350</td><td>5</td><td>0,250</td><td>758</td><td>1537,22</td></tr> <tr><td>6,985</td><td>5,5</td><td>0,275</td><td>805</td><td>1632,54</td></tr> <tr><td>7,620</td><td>6</td><td>0,300</td><td>827</td><td>1677,16</td></tr> <tr><td>8,255</td><td>6,5</td><td>0,325</td><td>850</td><td>1723,80</td></tr> </tbody> </table>									PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA		Def. do anel (mm)	Carga (Kg)	0,635	0,5	0,025	60	121,68	1,270	1	0,050	221	448,19	1,905	1,5	0,075	305	618,54	2,540	2	0,100	395	801,06	3,175	2,5	0,125	478	969,38	3,810	3	0,150	522	1058,62	4,445	3,5	0,175	597	1210,72	5,080	4	0,200	672	1362,82	5,715	4,5	0,225	712	1443,94	6,350	5	0,250	758	1537,22	6,985	5,5	0,275	805	1632,54	7,620	6	0,300	827	1677,16	8,255	6,5	0,325	850	1723,80
PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA																																																																													
			Def. do anel (mm)	Carga (Kg)																																																																												
0,635	0,5	0,025	60	121,68																																																																												
1,270	1	0,050	221	448,19																																																																												
1,905	1,5	0,075	305	618,54																																																																												
2,540	2	0,100	395	801,06																																																																												
3,175	2,5	0,125	478	969,38																																																																												
3,810	3	0,150	522	1058,62																																																																												
4,445	3,5	0,175	597	1210,72																																																																												
5,080	4	0,200	672	1362,82																																																																												
5,715	4,5	0,225	712	1443,94																																																																												
6,350	5	0,250	758	1537,22																																																																												
6,985	5,5	0,275	805	1632,54																																																																												
7,620	6	0,300	827	1677,16																																																																												
8,255	6,5	0,325	850	1723,80																																																																												
CBR: 67,9 % EXPANSÃO: 0,03 % GRAU DE COMPACTAÇÃO:																																																																																



DADOS	Carga Kg	CBR (%)	∴ CBR (%)	EXPANSÃO (%)
CBR 0,1" (%) =	801,06	64,9	67,9	0,03
CBR 0,2" (%) =	1362,82	67,9		

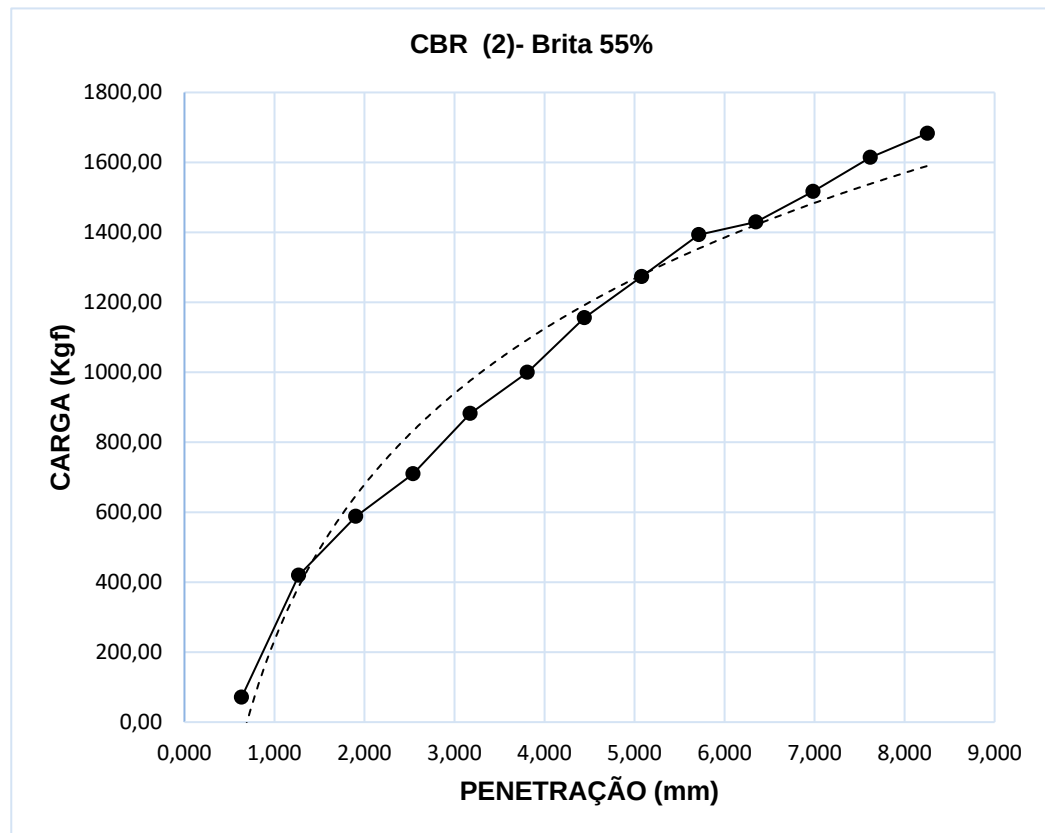
ENSAIO DE CBR Brita 1 55% - 2

Operador: Igor Muller		
Local: Ilha Solteira		
Amostra: Solo-Agregado (45%/55%) - Intermediário		
PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA		
Cilindro N°	5	
N° de camadas	5	
N° de golpes	26	
DADOS DE AMOSTRA	ANTES DA SATURAÇÃO	APÓS SATURAÇÃO
Peso am. Um. + molde (g)	9150	9210
Peso do molde (g)	4188	4188
Peso da amostra (g)	4962	5022
Volume da amostra (cm³)	2102	2102
Densidade aparente úmida (g/cm³)	2,361	2,389
DETERMINAÇÃO DO TEOR DA UMIDADE		
Capsula:		
Solo + Água + Tara (g)		
Solo + Tara (g)		
Solo (g)		
Água (g)		
Tara (g)		
w (%)		
w média (%)		
Densidade aparente seca máxima (g/cm³)		

Umidade ótima (w): 10,4 %		
Densidade Máxima (pd máx): 2,138 g/cm³		
Data: 05/04/2023		

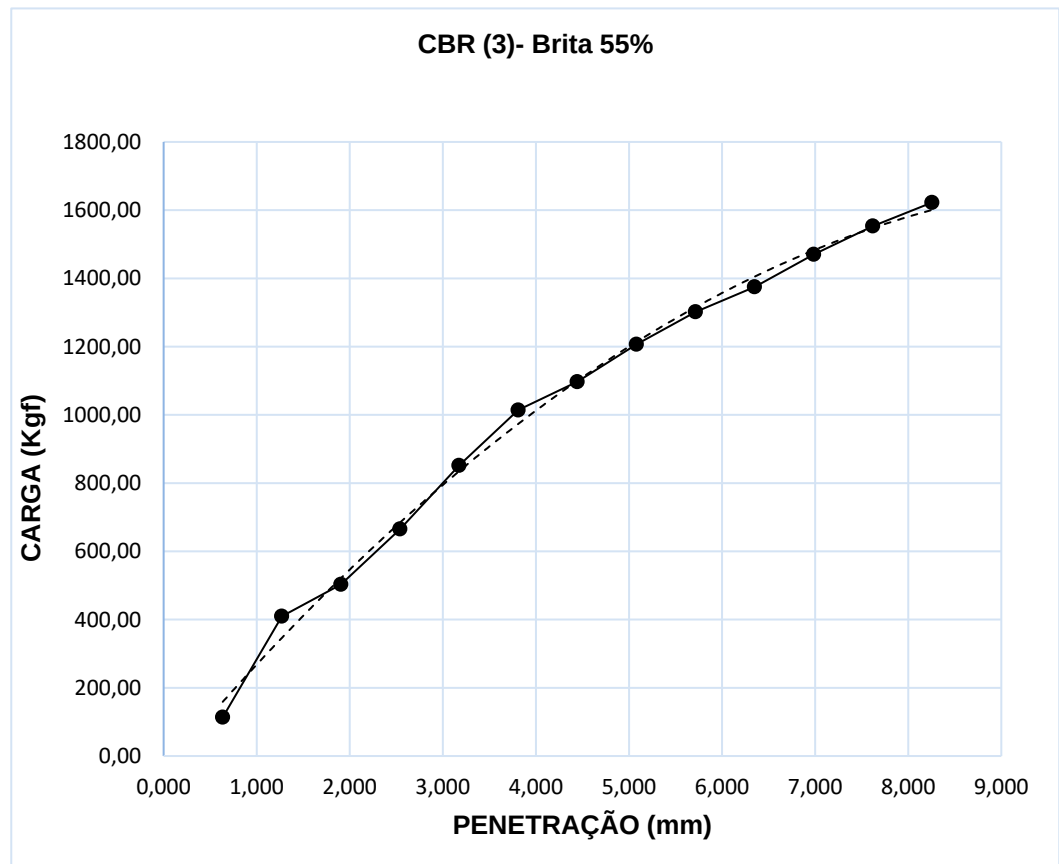
SATURAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA					
DIA	HORA	TEMP. DEC.	ALTURA INICIAL: 11,51		
			LEITURA DEFLECT.	Δh	(%)
5	15:00	0	0,200	0,000	0,00
6	15:00	24	0,202	0,002	0,02
7	15:00	48	0,202	0,002	0,02
8	15:00	72	0,202	0,002	0,02
9	15:00	96	0,202	0,002	0,02
CBR: 64,4 %					
EXPANSÃO: 0,02 %					
GRAU DE COMPACTAÇÃO:					

PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA	
			Def. do anel (mm)	Carga (Kg)
0,635	0,5	0,025	35	70,98
1,270	1	0,050	207	419,80
1,905	1,5	0,075	290	588,12
2,540	2	0,100	350	709,80
3,175	2,5	0,125	435	882,18
3,810	3	0,150	493	999,80
4,445	3,5	0,175	570	1155,96
5,080	4	0,200	628	1273,58
5,715	4,5	0,225	687	1393,24
6,350	5	0,250	705	1429,74
6,985	5,5	0,275	748	1516,94
7,620	6	0,300	796	1614,29
8,255	6,5	0,325	830	1683,24



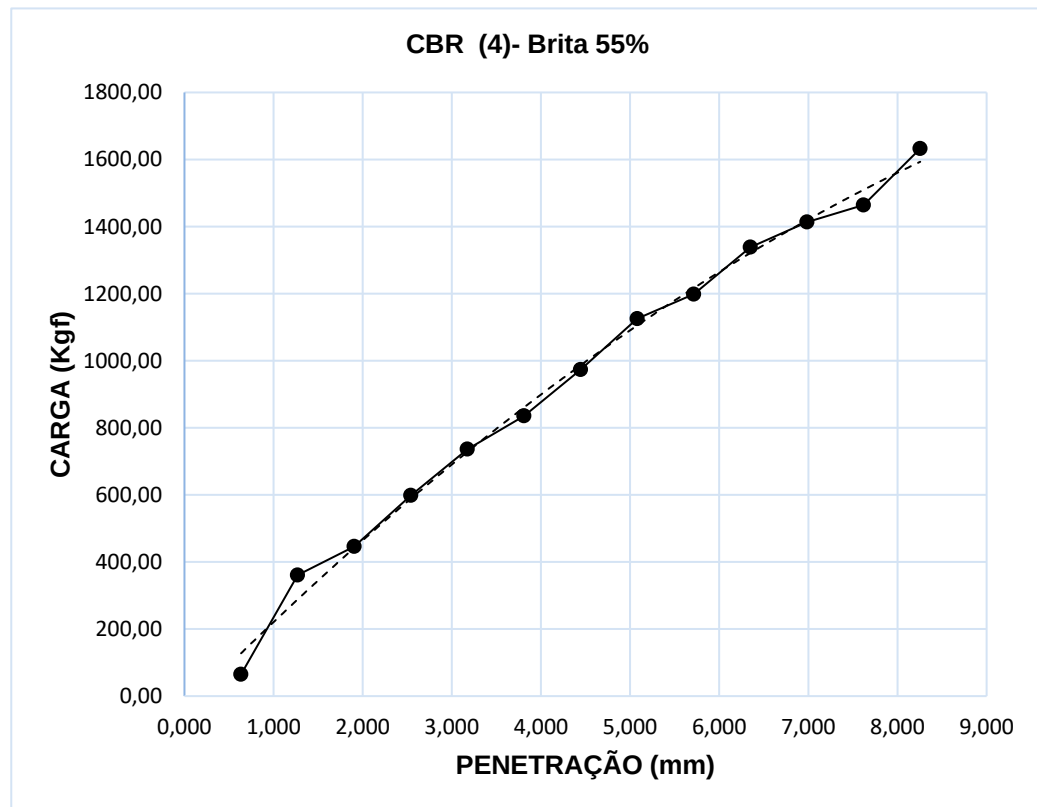
DADOS	Carga Kgff	CBR (%)	∴ CBR (%)	EXPANSÃO (%)
CBR 0,1" (%) =	709,80	58,3	64,4	0,02
CBR 0,2" (%) =	1273,58	64,4		

 UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" Câmpus de Ilha Solteira		DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL																																																																										
ENSAIO DE CBR Brita 1 55% - 3																																																																												
Operador: Igor Muller		Umidade ótima (w): 10,4 %																																																																										
Local: Ilha Solteira		Densidade Máxima (pd máx): 2,158 g/cm³																																																																										
Amostra: Solo-Agregado (45%/55%) - Intermediário		Data: 17/04/2023																																																																										
PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA		SATURAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA																																																																										
Cilindro N°	5																																																																											
N° de camadas	5																																																																											
N° de golpes	26																																																																											
DADOS DE AMOSTRA		ALTURA INICIAL: 11,51																																																																										
	ANTES DA SATURAÇÃO	APÓS SATURAÇÃO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>DIA</th> <th>HORA</th> <th>TEMP. DEC.</th> <th>LEITURA DEFLECT.</th> <th>Δh</th> <th>(%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>18</td><td>15:00</td><td>0</td><td>0,200</td><td>0,000</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>19</td><td>15:00</td><td>24</td><td>0,203</td><td>0,003</td><td>0,03</td></tr> <tr><td>20</td><td>15:00</td><td>48</td><td>0,203</td><td>0,003</td><td>0,03</td></tr> <tr><td>21</td><td>15:00</td><td>72</td><td>0,203</td><td>0,003</td><td>0,03</td></tr> <tr><td>22</td><td>15:00</td><td>96</td><td>0,203</td><td>0,003</td><td>0,03</td></tr> </tbody> </table>	DIA	HORA	TEMP. DEC.	LEITURA DEFLECT.	Δh	(%)	18	15:00	0	0,200	0,000	0,00	19	15:00	24	0,203	0,003	0,03	20	15:00	48	0,203	0,003	0,03	21	15:00	72	0,203	0,003	0,03	22	15:00	96	0,203	0,003	0,03																																					
DIA	HORA	TEMP. DEC.	LEITURA DEFLECT.	Δh	(%)																																																																							
18	15:00	0	0,200	0,000	0,00																																																																							
19	15:00	24	0,203	0,003	0,03																																																																							
20	15:00	48	0,203	0,003	0,03																																																																							
21	15:00	72	0,203	0,003	0,03																																																																							
22	15:00	96	0,203	0,003	0,03																																																																							
Peso am. Um. + molde (g)	9195	9230																																																																										
Peso do molde (g)	4188	4188																																																																										
Peso da amostra (g)	5007	5042																																																																										
Volume da amostra (cm³)	2102	2102																																																																										
Densidade aparente úmida (g/cm³)	2,382	2,399																																																																										
DETERMINAÇÃO DO TEOR DA UMIDADE		CBR: 61,7 % EXPANSÃO: 0,03 % GRAU DE COMPACTAÇÃO:																																																																										
Capsula:																																																																												
Solo + Água + Tara (g)																																																																												
Solo + Tara (g)																																																																												
Solo (g)																																																																												
Água (g)																																																																												
Tara (g)																																																																												
w (%)																																																																												
w média (%)																																																																												
Densidade aparente seca máxima (g/cm³)																																																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (mm)</th> <th rowspan="2">TEMPO (mm)</th> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (pol)</th> <th colspan="2">GOLPES POR CAMADA</th> </tr> <tr> <th>Def. do anel (mm)</th> <th>Carga (Kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,635</td><td>0,5</td><td>0,025</td><td>56</td><td>113,57</td></tr> <tr><td>1,270</td><td>1</td><td>0,050</td><td>202</td><td>409,66</td></tr> <tr><td>1,905</td><td>1,5</td><td>0,075</td><td>248</td><td>502,94</td></tr> <tr><td>2,540</td><td>2</td><td>0,100</td><td>328</td><td>665,18</td></tr> <tr><td>3,175</td><td>2,5</td><td>0,125</td><td>420</td><td>851,76</td></tr> <tr><td>3,810</td><td>3</td><td>0,150</td><td>500</td><td>1014,00</td></tr> <tr><td>4,445</td><td>3,5</td><td>0,175</td><td>541</td><td>1097,15</td></tr> <tr><td>5,080</td><td>4</td><td>0,200</td><td>595</td><td>1206,66</td></tr> <tr><td>5,715</td><td>4,5</td><td>0,225</td><td>642</td><td>1301,98</td></tr> <tr><td>6,350</td><td>5</td><td>0,250</td><td>678</td><td>1374,98</td></tr> <tr><td>6,985</td><td>5,5</td><td>0,275</td><td>725</td><td>1470,30</td></tr> <tr><td>7,620</td><td>6</td><td>0,300</td><td>766</td><td>1553,45</td></tr> <tr><td>8,255</td><td>6,5</td><td>0,325</td><td>800</td><td>1622,40</td></tr> </tbody> </table>					PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA		Def. do anel (mm)	Carga (Kg)	0,635	0,5	0,025	56	113,57	1,270	1	0,050	202	409,66	1,905	1,5	0,075	248	502,94	2,540	2	0,100	328	665,18	3,175	2,5	0,125	420	851,76	3,810	3	0,150	500	1014,00	4,445	3,5	0,175	541	1097,15	5,080	4	0,200	595	1206,66	5,715	4,5	0,225	642	1301,98	6,350	5	0,250	678	1374,98	6,985	5,5	0,275	725	1470,30	7,620	6	0,300	766	1553,45	8,255	6,5	0,325	800	1622,40
PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA																																																																									
			Def. do anel (mm)	Carga (Kg)																																																																								
0,635	0,5	0,025	56	113,57																																																																								
1,270	1	0,050	202	409,66																																																																								
1,905	1,5	0,075	248	502,94																																																																								
2,540	2	0,100	328	665,18																																																																								
3,175	2,5	0,125	420	851,76																																																																								
3,810	3	0,150	500	1014,00																																																																								
4,445	3,5	0,175	541	1097,15																																																																								
5,080	4	0,200	595	1206,66																																																																								
5,715	4,5	0,225	642	1301,98																																																																								
6,350	5	0,250	678	1374,98																																																																								
6,985	5,5	0,275	725	1470,30																																																																								
7,620	6	0,300	766	1553,45																																																																								
8,255	6,5	0,325	800	1622,40																																																																								



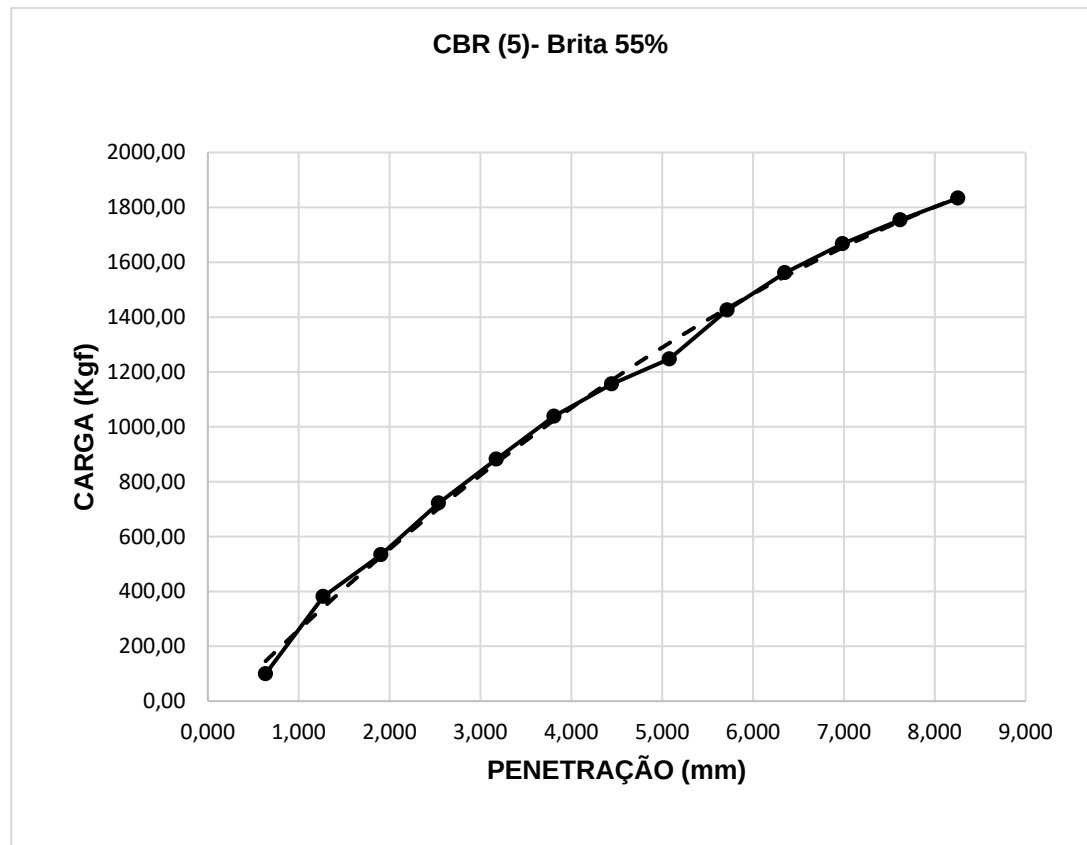
DADOS	Carga Kg	CBR (%)	∴ CBR (%)	EXPANSÃO (%)
CBR 0,1" (%) =	665,18	56,0	61,7	0,03
CBR 0,2" (%) =	1206,66	61,7		

 UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" Câmpus de Ilha Solteira		DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL																																																																														
ENSAIO DE CBR Brita 1 55% - 4																																																																																
Operador: Igor Muller			Umidade ótima (w): 10,4 %																																																																													
Local: Ilha Solteira			Densidade Máxima (pd máx): 2,130 g/cm³																																																																													
Amostra: Solo-Agregado (45%/55%) - Intermediário			Data: 23/05/2023																																																																													
PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA			SATURAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA																																																																													
Cilindro N°	5		DIA	HORA	TEMP. DEC.	ALTURA INICIAL: 11,51																																																																										
N° de camadas	5					LEITURA DEFLECT.	Δh	(%)																																																																								
N° de golpes	26																																																																															
DADOS DE AMOSTRA			ANTES DA SATURAÇÃO			APÓS SATURAÇÃO																																																																										
Peso am. Um. + molde (g)			9130			9185																																																																										
Peso do molde (g)			4188			4188																																																																										
Peso da amostra (g)			4942			4997																																																																										
Volume da amostra (cm³)			2102			2102																																																																										
Densidade aparente úmida (g/cm³)			2,351			2,377																																																																										
DETERMINAÇÃO DO TEOR DA UMIDADE																																																																																
Capsula:																																																																																
Solo + Água + Tara (g)																																																																																
Solo + Tara (g)																																																																																
Solo (g)																																																																																
Água (g)																																																																																
Tara (g)																																																																																
w (%)																																																																																
w média (%)																																																																																
Densidade aparente seca máxima (g/cm³)																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (mm)</th> <th rowspan="2">TEMPO (mm)</th> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (pol)</th> <th colspan="2">GOLPES POR CAMADA</th> </tr> <tr> <th>Def. do anel (mm)</th> <th>Carga (Kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,635</td><td>0,5</td><td>0,025</td><td>32</td><td>64,90</td></tr> <tr><td>1,270</td><td>1</td><td>0,050</td><td>178</td><td>360,98</td></tr> <tr><td>1,905</td><td>1,5</td><td>0,075</td><td>220</td><td>446,16</td></tr> <tr><td>2,540</td><td>2</td><td>0,100</td><td>295</td><td>598,26</td></tr> <tr><td>3,175</td><td>2,5</td><td>0,125</td><td>363</td><td>736,16</td></tr> <tr><td>3,810</td><td>3</td><td>0,150</td><td>412</td><td>835,54</td></tr> <tr><td>4,445</td><td>3,5</td><td>0,175</td><td>480</td><td>973,44</td></tr> <tr><td>5,080</td><td>4</td><td>0,200</td><td>555</td><td>1125,54</td></tr> <tr><td>5,715</td><td>4,5</td><td>0,225</td><td>591</td><td>1198,55</td></tr> <tr><td>6,350</td><td>5</td><td>0,250</td><td>660</td><td>1338,48</td></tr> <tr><td>6,985</td><td>5,5</td><td>0,275</td><td>697</td><td>1413,52</td></tr> <tr><td>7,620</td><td>6</td><td>0,300</td><td>722</td><td>1464,22</td></tr> <tr><td>8,255</td><td>6,5</td><td>0,325</td><td>805</td><td>1632,54</td></tr> </tbody> </table>									PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA		Def. do anel (mm)	Carga (Kg)	0,635	0,5	0,025	32	64,90	1,270	1	0,050	178	360,98	1,905	1,5	0,075	220	446,16	2,540	2	0,100	295	598,26	3,175	2,5	0,125	363	736,16	3,810	3	0,150	412	835,54	4,445	3,5	0,175	480	973,44	5,080	4	0,200	555	1125,54	5,715	4,5	0,225	591	1198,55	6,350	5	0,250	660	1338,48	6,985	5,5	0,275	697	1413,52	7,620	6	0,300	722	1464,22	8,255	6,5	0,325	805	1632,54
PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA																																																																													
			Def. do anel (mm)	Carga (Kg)																																																																												
0,635	0,5	0,025	32	64,90																																																																												
1,270	1	0,050	178	360,98																																																																												
1,905	1,5	0,075	220	446,16																																																																												
2,540	2	0,100	295	598,26																																																																												
3,175	2,5	0,125	363	736,16																																																																												
3,810	3	0,150	412	835,54																																																																												
4,445	3,5	0,175	480	973,44																																																																												
5,080	4	0,200	555	1125,54																																																																												
5,715	4,5	0,225	591	1198,55																																																																												
6,350	5	0,250	660	1338,48																																																																												
6,985	5,5	0,275	697	1413,52																																																																												
7,620	6	0,300	722	1464,22																																																																												
8,255	6,5	0,325	805	1632,54																																																																												
CBR: 55,8 %																																																																																
EXPANSÃO: 0,02 %																																																																																
GRAU DE COMPACTAÇÃO:																																																																																



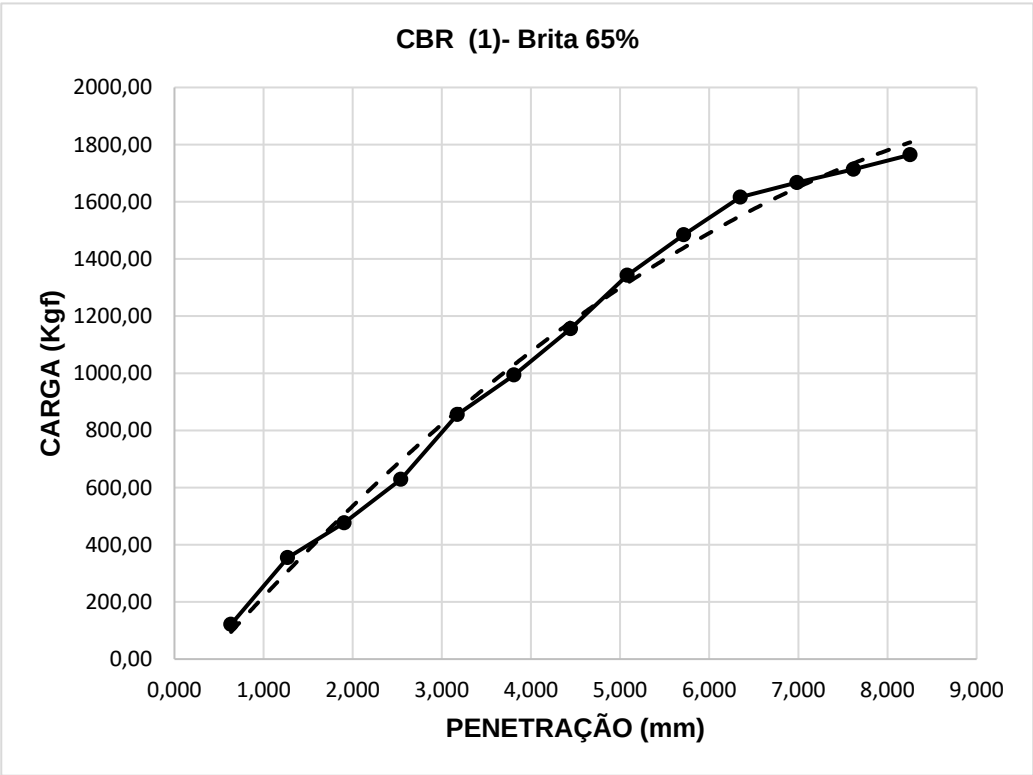
DADOS	Carga Kg	CBR (%)	∴ CBR (%)	EXPANSÃO (%)
CBR 0,1" (%) =	598,26	50,9	55,8	0,02
CBR 0,2" (%) =	1125,54	55,8		

1833



DADOS	Carga Kg	CBR (%)	∴ CBR (%)	EXPANSÃO (%)
CBR 0,1" (%) =	721,97	57,9	62,8	0,02
CBR 0,2" (%) =	1247,22	62,8		

 UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" Câmpus de Ilha Solteira		DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL																																																																											
ENSAIO DE CBR Brita 1 65% - 1																																																																													
Operador: Igor Muller Local: Ilha Solteira Amostra: Solo-Agregado (35%/65%) - Intermediário			Umidade ótima (w): 10,4 % Densidade Máxima (pd máx): 2,138 g/cm³ Data: 16/06/2023																																																																										
PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA			SATURAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA																																																																										
Cilindro N°	5		DIA 16 17 18 19 20	HORA 16:00 16:00 16:00 16:00 16:00	TEMP. DEC. 0 24 48 72 96	ALTURA INICIAL: 11,51																																																																							
N° de camadas	5					LEITURA DEFLECT. 0,200 0,203 0,203 0,203 0,203	Δh 0,000 0,003 0,003 0,003 0,003	(%) 0,00 0,03 0,03 0,03 0,03																																																																					
N° de golpes	26																																																																												
DADOS DE AMOSTRA																																																																													
	ANTES DA SATURAÇÃO	APÓS SATURAÇÃO																																																																											
Peso am. Um. + molde (g)	9150	9190																																																																											
Peso do molde (g)	4188	4188																																																																											
Peso da amostra (g)	4962	5002																																																																											
Volume da amostra (cm³)	2102	2102																																																																											
Densidade aparente úmida (g/cm³)	2,361	2,380																																																																											
DETERMINAÇÃO DO TEOR DA UMIDADE			CBR: 66,5 % EXPANSÃO: 0,03 % GRAU DE COMPACTAÇÃO:																																																																										
Capsula: Solo + Água + Tara (g) Solo + Tara (g) Solo (g) Água (g) Tara (g) w (%) w média (%) Densidade aparente seca máxima (g/cm³)																																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (mm)</th> <th rowspan="2">TEMPO (mm)</th> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (pol)</th> <th colspan="2">GOLPES POR CAMADA</th> </tr> <tr> <th>Def. do anel (mm)</th> <th>Carga (Kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,635</td><td>0,5</td><td>0,025</td><td>60</td><td>121,68</td></tr> <tr><td>1,270</td><td>1</td><td>0,050</td><td>175</td><td>354,90</td></tr> <tr><td>1,905</td><td>1,5</td><td>0,075</td><td>235</td><td>476,58</td></tr> <tr><td>2,540</td><td>2</td><td>0,100</td><td>310</td><td>628,68</td></tr> <tr><td>3,175</td><td>2,5</td><td>0,125</td><td>422</td><td>855,82</td></tr> <tr><td>3,810</td><td>3</td><td>0,150</td><td>490</td><td>993,72</td></tr> <tr><td>4,445</td><td>3,5</td><td>0,175</td><td>570</td><td>1155,96</td></tr> <tr><td>5,080</td><td>4</td><td>0,200</td><td>662</td><td>1342,54</td></tr> <tr><td>5,715</td><td>4,5</td><td>0,225</td><td>732</td><td>1484,50</td></tr> <tr><td>6,350</td><td>5</td><td>0,250</td><td>797</td><td>1616,32</td></tr> <tr><td>6,985</td><td>5,5</td><td>0,275</td><td>822</td><td>1667,02</td></tr> <tr><td>7,620</td><td>6</td><td>0,300</td><td>845</td><td>1713,66</td></tr> <tr><td>8,255</td><td>6,5</td><td>0,325</td><td>870</td><td>1764,36</td></tr> </tbody> </table>			PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA		Def. do anel (mm)	Carga (Kg)	0,635	0,5	0,025	60	121,68	1,270	1	0,050	175	354,90	1,905	1,5	0,075	235	476,58	2,540	2	0,100	310	628,68	3,175	2,5	0,125	422	855,82	3,810	3	0,150	490	993,72	4,445	3,5	0,175	570	1155,96	5,080	4	0,200	662	1342,54	5,715	4,5	0,225	732	1484,50	6,350	5	0,250	797	1616,32	6,985	5,5	0,275	822	1667,02	7,620	6	0,300	845	1713,66	8,255	6,5	0,325	870	1764,36			
PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)				GOLPES POR CAMADA																																																																							
			Def. do anel (mm)	Carga (Kg)																																																																									
0,635	0,5	0,025	60	121,68																																																																									
1,270	1	0,050	175	354,90																																																																									
1,905	1,5	0,075	235	476,58																																																																									
2,540	2	0,100	310	628,68																																																																									
3,175	2,5	0,125	422	855,82																																																																									
3,810	3	0,150	490	993,72																																																																									
4,445	3,5	0,175	570	1155,96																																																																									
5,080	4	0,200	662	1342,54																																																																									
5,715	4,5	0,225	732	1484,50																																																																									
6,350	5	0,250	797	1616,32																																																																									
6,985	5,5	0,275	822	1667,02																																																																									
7,620	6	0,300	845	1713,66																																																																									
8,255	6,5	0,325	870	1764,36																																																																									



DADOS	Carga Kgf	CBR (%)	∴ CBR (%)	EXPANSÃO (%)
CBR 0,1" (%) =	628,68	54,9	66,5	0,03
CBR 0,2" (%) =	1342,54	66,5		

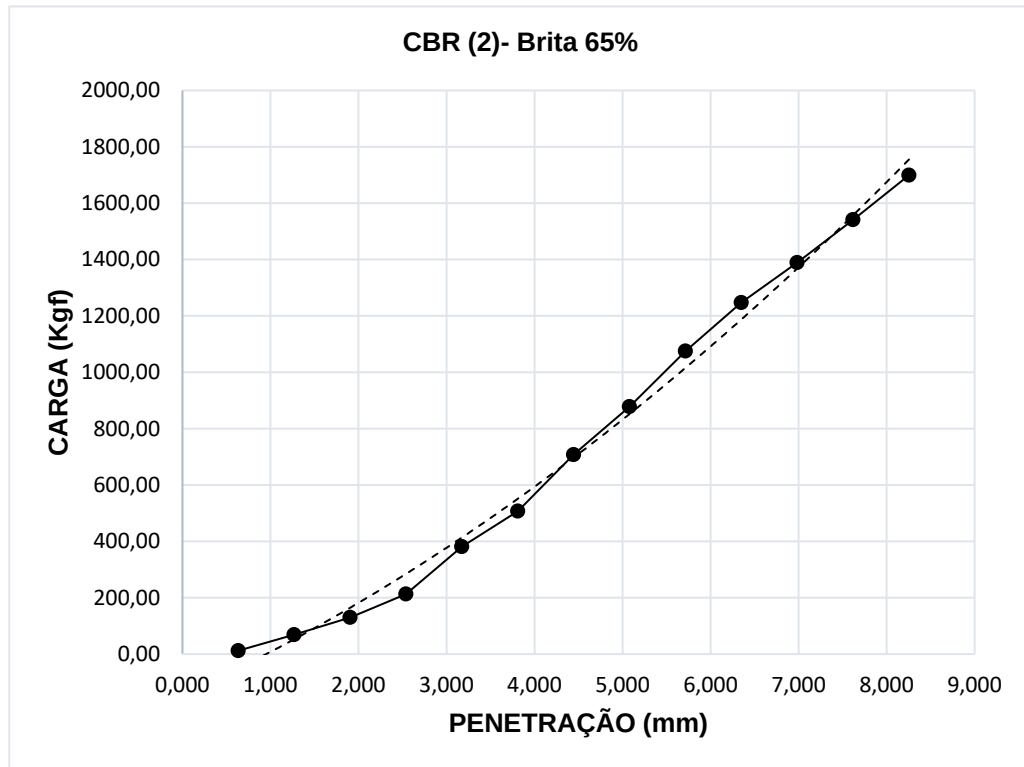
ENSAIO DE CBR Brita 1 65% - 2

Operador: Igor Muller		
Local: Ilha Solteira		
Amostra: Solo-Agregado (35%/65%) - Intermediário		
PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA		
Cilindro N°	5	
N° de camadas	5	
N° de golpes	26	
DADOS DE AMOSTRA	ANTES DA SATURAÇÃO	APÓS SATURAÇÃO
Peso am. Um. + molde (g)	9280	9310
Peso do molde (g)	4188	4188
Peso da amostra (g)	5092	5122
Volume da amostra (cm³)	2102	2102
Densidade aparente úmida (g/cm³)	2,422	2,437
DETERMINAÇÃO DO TEOR DA UMIDADE		
Capsula:		
Solo + Água + Tara (g)		
Solo + Tara (g)		
Solo (g)		
Água (g)		
Tara (g)		
w (%)		
w média (%)		
Densidade aparente seca máxima (g/cm³)		

Umidade ótima (w): 10,4 %		
Densidade Máxima (pd máx): 2,194 g/cm³		
Data: 25/04/2023		

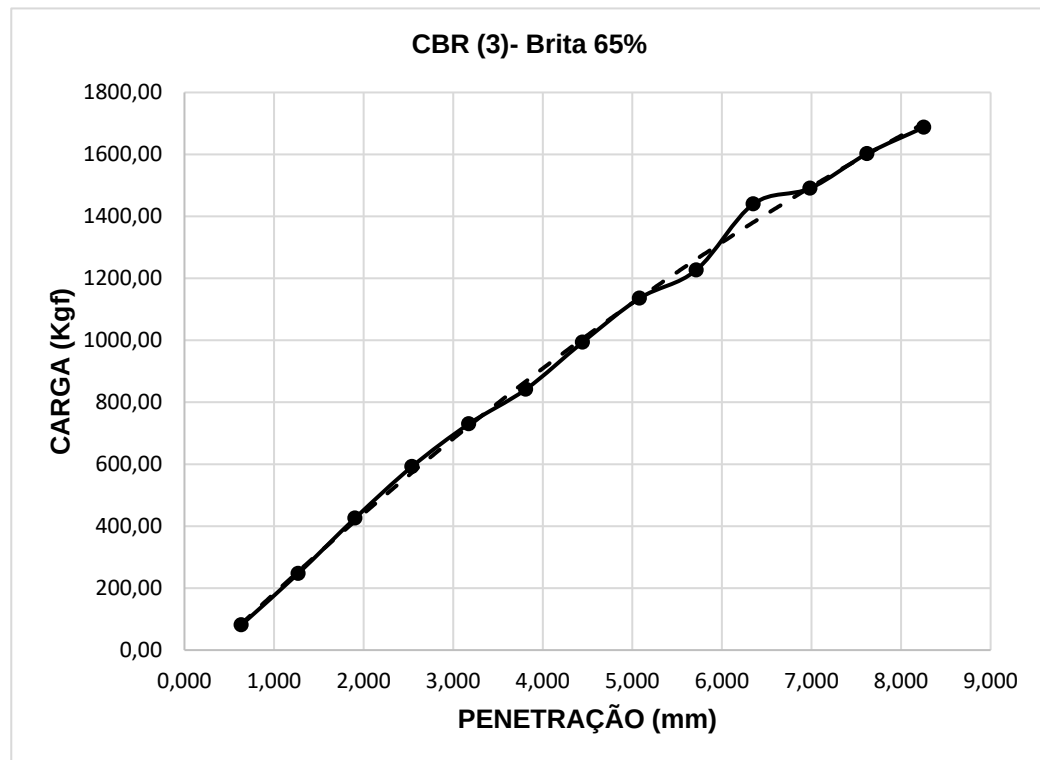
SATURAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA					
DIA	HORA	TEMP. DEC.	ALTURA INICIAL: 11,51		
			LEITURA DEFLECT.	Δh	(%)
25	16:00	0	0,200	0,000	0,00
26	16:00	24	0,201	0,001	0,01
27	16:00	48	0,201	0,001	0,01
28	16:00	72	0,201	0,001	0,01
29	16:00	96	0,201	0,001	0,01
CBR: 45,2 %					
EXPANSÃO: 0,01 %					
GRAU DE COMPACTAÇÃO:					

PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA	
			Def. do anel (mm)	Carga (Kg)
0,635	0,5	0,025	6	12,17
1,270	1	0,050	34	68,95
1,905	1,5	0,075	64	129,79
2,540	2	0,100	105	212,94
3,175	2,5	0,125	188	381,26
3,810	3	0,150	250	507,00
4,445	3,5	0,175	349	707,77
5,080	4	0,200	433	878,12
5,715	4,5	0,225	530	1074,84
6,350	5	0,250	615	1247,22
6,985	5,5	0,275	685	1389,18
7,620	6	0,300	760	1541,28
8,255	6,5	0,325	838	1699,46



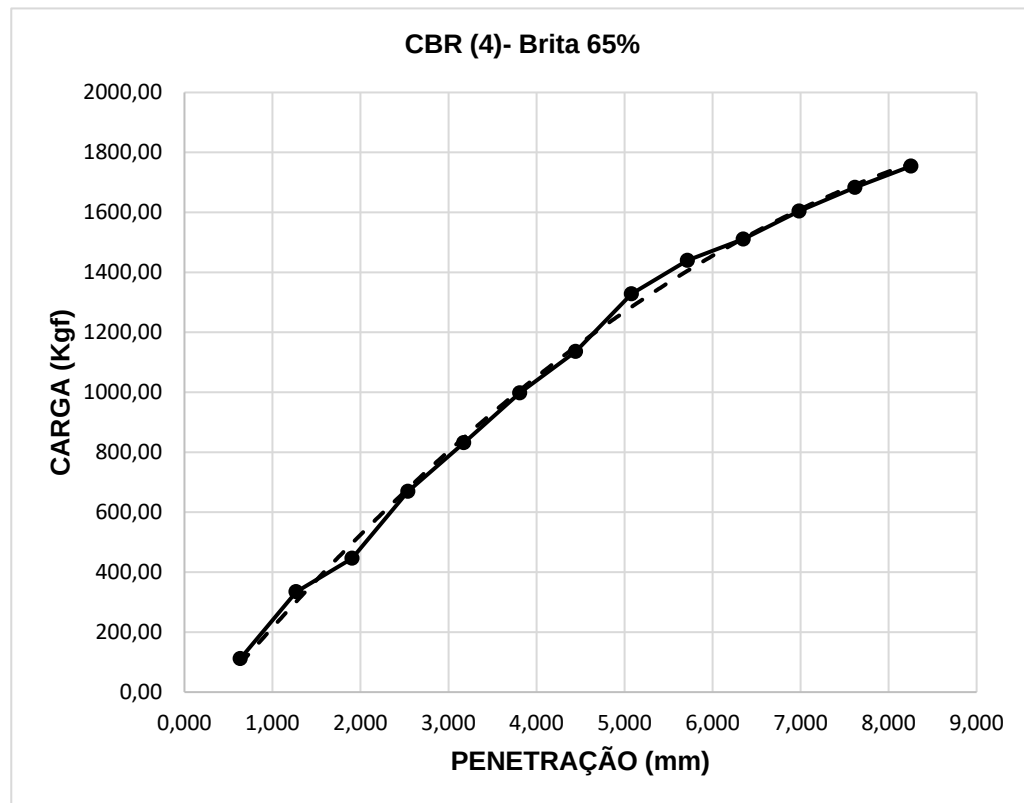
DADOS	Carga Kgff	CBR (%)	∴ CBR (%)	EXPANSÃO (%)
CBR 0,1" (%) =	212,94	27,1	45,2	0,01
CBR 0,2" (%) =	878,12	45,2		

 UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" Câmpus de Ilha Solteira		DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL																																																																														
ENSAIO DE CBR Brita 1 65% - 3																																																																																
Operador: Igor Muller Local: Ilha Solteira Amostra: Solo-Agregado (35%/65%) - Intermediário			Umidade ótima (w): 10,4 % Densidade Máxima (pd máx): 2,184 g/cm³ Data: 03/05/2023																																																																													
PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA			SATURAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA																																																																													
Cilindro N°	5		DIA	HORA	TEMP. DEC.	ALTURA INICIAL: 11,51																																																																										
N° de camadas	5					LEITURA DEFLECT.	Δh	(%)																																																																								
N° de golpes	26																																																																															
DADOS DE AMOSTRA			ANTES DA SATURAÇÃO			APÓS SATURAÇÃO																																																																										
Peso am. Um. + molde (g)			9256			9325																																																																										
Peso do molde (g)			4188			4188																																																																										
Peso da amostra (g)			5068			5137																																																																										
Volume da amostra (cm³)			2102			2102																																																																										
Densidade aparente úmida (g/cm³)			2,411			2,444																																																																										
DETERMINAÇÃO DO TEOR DA UMIDADE																																																																																
Capsula:																																																																																
Solo + Água + Tara (g)																																																																																
Solo + Tara (g)																																																																																
Solo (g)																																																																																
Água (g)																																																																																
Tara (g)																																																																																
w (%)																																																																																
w média (%)																																																																																
Densidade aparente seca máxima (g/cm³)																																																																																
						CBR: 58,5 %																																																																										
						EXPANSÃO: 0,02 %																																																																										
						GRAU DE COMPACTAÇÃO:																																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (mm)</th> <th rowspan="2">TEMPO (mm)</th> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (pol)</th> <th colspan="2">GOLPES POR CAMADA</th> </tr> <tr> <th>Def. do anel (mm)</th> <th>Carga (Kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,635</td><td>0,5</td><td>0,025</td><td>40</td><td>81,12</td></tr> <tr><td>1,270</td><td>1</td><td>0,050</td><td>122</td><td>247,42</td></tr> <tr><td>1,905</td><td>1,5</td><td>0,075</td><td>210</td><td>425,88</td></tr> <tr><td>2,540</td><td>2</td><td>0,100</td><td>292</td><td>592,18</td></tr> <tr><td>3,175</td><td>2,5</td><td>0,125</td><td>360</td><td>730,08</td></tr> <tr><td>3,810</td><td>3</td><td>0,150</td><td>415</td><td>841,62</td></tr> <tr><td>4,445</td><td>3,5</td><td>0,175</td><td>490</td><td>993,72</td></tr> <tr><td>5,080</td><td>4</td><td>0,200</td><td>560</td><td>1135,68</td></tr> <tr><td>5,715</td><td>4,5</td><td>0,225</td><td>605</td><td>1226,94</td></tr> <tr><td>6,350</td><td>5</td><td>0,250</td><td>710</td><td>1439,88</td></tr> <tr><td>6,985</td><td>5,5</td><td>0,275</td><td>735</td><td>1490,58</td></tr> <tr><td>7,620</td><td>6</td><td>0,300</td><td>790</td><td>1602,12</td></tr> <tr><td>8,255</td><td>6,5</td><td>0,325</td><td>832</td><td>1687,30</td></tr> </tbody> </table>					PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA		Def. do anel (mm)	Carga (Kg)	0,635	0,5	0,025	40	81,12	1,270	1	0,050	122	247,42	1,905	1,5	0,075	210	425,88	2,540	2	0,100	292	592,18	3,175	2,5	0,125	360	730,08	3,810	3	0,150	415	841,62	4,445	3,5	0,175	490	993,72	5,080	4	0,200	560	1135,68	5,715	4,5	0,225	605	1226,94	6,350	5	0,250	710	1439,88	6,985	5,5	0,275	735	1490,58	7,620	6	0,300	790	1602,12	8,255	6,5	0,325	832	1687,30				
PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA																																																																													
			Def. do anel (mm)	Carga (Kg)																																																																												
0,635	0,5	0,025	40	81,12																																																																												
1,270	1	0,050	122	247,42																																																																												
1,905	1,5	0,075	210	425,88																																																																												
2,540	2	0,100	292	592,18																																																																												
3,175	2,5	0,125	360	730,08																																																																												
3,810	3	0,150	415	841,62																																																																												
4,445	3,5	0,175	490	993,72																																																																												
5,080	4	0,200	560	1135,68																																																																												
5,715	4,5	0,225	605	1226,94																																																																												
6,350	5	0,250	710	1439,88																																																																												
6,985	5,5	0,275	735	1490,58																																																																												
7,620	6	0,300	790	1602,12																																																																												
8,255	6,5	0,325	832	1687,30																																																																												



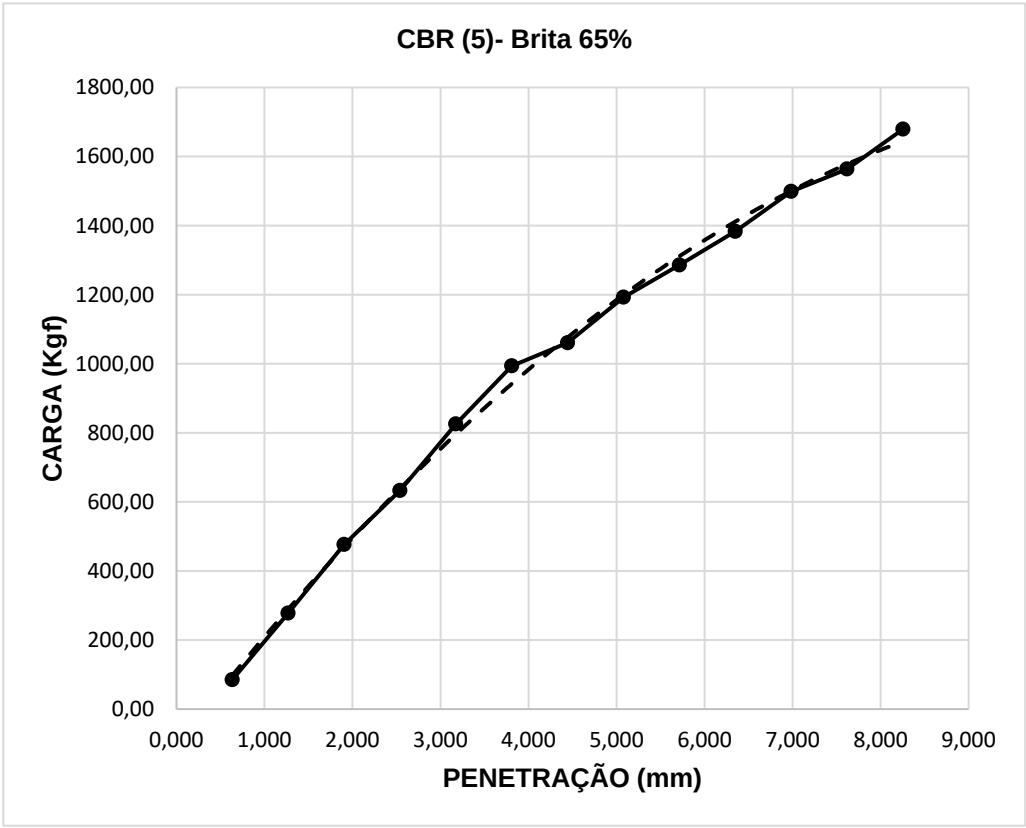
DADOS	Carga Kg	CBR (%)	∴ CBR (%)	EXPANSÃO (%)
CBR 0,1" (%) =	592,18	46,5	58,5	0,02
CBR 0,2" (%) =	1135,68	58,5		

 UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" Câmpus de Ilha Solteira		DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL																																																																											
ENSAIO DE CBR Brita 1 65% - 4																																																																													
Operador: Igor Muller Local: Ilha Solteira Amostra: Solo-Agregado (35%/65%) - Intermediário			Umidade ótima (w): 10,4 % Densidade Máxima (pd máx): 2,149 g/cm³ Data: 30/05/2023																																																																										
PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA			SATURAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA																																																																										
Cilindro N°	5		DIA HORA TEMP. DEC.	ALTURA INICIAL: 11,51 LEITURA DEFLECT. Δh (%)																																																																									
N° de camadas	5																																																																												
N° de golpes	26																																																																												
DADOS DE AMOSTRA			CBR: 65,7 % EXPANSÃO: 0,02 % GRAU DE COMPACTAÇÃO:																																																																										
	ANTES DA SATURAÇÃO	APÓS SATURAÇÃO																																																																											
Peso am. Um. + molde (g)	9175	9210																																																																											
Peso do molde (g)	4188	4188																																																																											
Peso da amostra (g)	4987	5022																																																																											
Volume da amostra (cm³)	2102	2102																																																																											
Densidade aparente úmida (g/cm³)	2,373	2,389																																																																											
DETERMINAÇÃO DO TEOR DA UMIDADE																																																																													
Capsula:																																																																													
Solo + Água + Tara (g)																																																																													
Solo + Tara (g)																																																																													
Solo (g)																																																																													
Água (g)																																																																													
Tara (g)																																																																													
w (%)																																																																													
w média (%)																																																																													
Densidade aparente seca máxima (g/cm³)																																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (mm)</th> <th rowspan="2">TEMPO (mm)</th> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (pol)</th> <th colspan="2">GOLPES POR CAMADA</th> </tr> <tr> <th>Def. do anel (mm)</th> <th>Carga (Kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,635</td><td>0,5</td><td>0,025</td><td>55</td><td>111,54</td></tr> <tr><td>1,270</td><td>1</td><td>0,050</td><td>165</td><td>334,62</td></tr> <tr><td>1,905</td><td>1,5</td><td>0,075</td><td>220</td><td>446,16</td></tr> <tr><td>2,540</td><td>2</td><td>0,100</td><td>330</td><td>669,24</td></tr> <tr><td>3,175</td><td>2,5</td><td>0,125</td><td>410</td><td>831,48</td></tr> <tr><td>3,810</td><td>3</td><td>0,150</td><td>492</td><td>997,78</td></tr> <tr><td>4,445</td><td>3,5</td><td>0,175</td><td>560</td><td>1135,68</td></tr> <tr><td>5,080</td><td>4</td><td>0,200</td><td>655</td><td>1328,34</td></tr> <tr><td>5,715</td><td>4,5</td><td>0,225</td><td>710</td><td>1439,88</td></tr> <tr><td>6,350</td><td>5</td><td>0,250</td><td>745</td><td>1510,86</td></tr> <tr><td>6,985</td><td>5,5</td><td>0,275</td><td>791</td><td>1604,15</td></tr> <tr><td>7,620</td><td>6</td><td>0,300</td><td>830</td><td>1683,24</td></tr> <tr><td>8,255</td><td>6,5</td><td>0,325</td><td>865</td><td>1754,22</td></tr> </tbody> </table>					PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA		Def. do anel (mm)	Carga (Kg)	0,635	0,5	0,025	55	111,54	1,270	1	0,050	165	334,62	1,905	1,5	0,075	220	446,16	2,540	2	0,100	330	669,24	3,175	2,5	0,125	410	831,48	3,810	3	0,150	492	997,78	4,445	3,5	0,175	560	1135,68	5,080	4	0,200	655	1328,34	5,715	4,5	0,225	710	1439,88	6,350	5	0,250	745	1510,86	6,985	5,5	0,275	791	1604,15	7,620	6	0,300	830	1683,24	8,255	6,5	0,325	865	1754,22	
PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA																																																																										
			Def. do anel (mm)	Carga (Kg)																																																																									
0,635	0,5	0,025	55	111,54																																																																									
1,270	1	0,050	165	334,62																																																																									
1,905	1,5	0,075	220	446,16																																																																									
2,540	2	0,100	330	669,24																																																																									
3,175	2,5	0,125	410	831,48																																																																									
3,810	3	0,150	492	997,78																																																																									
4,445	3,5	0,175	560	1135,68																																																																									
5,080	4	0,200	655	1328,34																																																																									
5,715	4,5	0,225	710	1439,88																																																																									
6,350	5	0,250	745	1510,86																																																																									
6,985	5,5	0,275	791	1604,15																																																																									
7,620	6	0,300	830	1683,24																																																																									
8,255	6,5	0,325	865	1754,22																																																																									



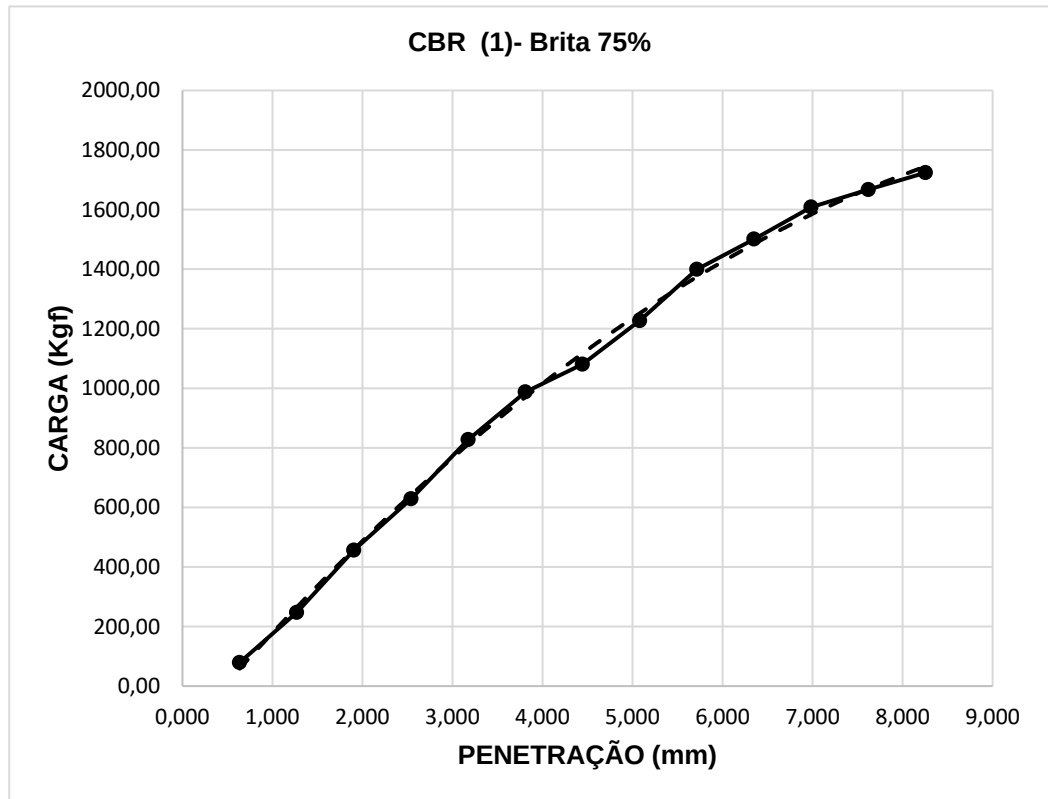
DADOS	Carga Kg	CBR (%)	∴ CBR (%)	EXPANSÃO (%)
CBR 0,1" (%) =	669,24	53,0	65,7	0,02
CBR 0,2" (%) =	1328,34	65,7		

 UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" Câmpus de Ilha Solteira		DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL																																																																														
ENSAIO DE CBR Brita 1 65% - 5																																																																																
Operador: Igor Muller Local: Ilha Solteira Amostra: Solo-Agregado (35%/65%) - Intermediário			Umidade ótima (w): 10,4 % Densidade Máxima (pd máx): 2,155 g/cm³ Data: 12/06/2023																																																																													
PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA			SATURAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA																																																																													
Cilindro N°	5		DIA	HORA	TEMP. DEC.	ALTURA INICIAL: 11,51																																																																										
N° de camadas	5					LEITURA DEFLECT.	Δh	(%)																																																																								
N° de golpes	26																																																																															
DADOS DE AMOSTRA			ANTES DA SATURAÇÃO			APÓS SATURAÇÃO																																																																										
Peso am. Um. + molde (g)			9188			9230																																																																										
Peso do molde (g)			4188			4188																																																																										
Peso da amostra (g)			5000			5042																																																																										
Volume da amostra (cm³)			2102			2102																																																																										
Densidade aparente úmida (g/cm³)			2,379			2,399																																																																										
DETERMINAÇÃO DO TEOR DA UMIDADE																																																																																
Capsula:																																																																																
Solo + Água + Tara (g)																																																																																
Solo + Tara (g)																																																																																
Solo (g)																																																																																
Água (g)																																																																																
Tara (g)																																																																																
w (%)																																																																																
w média (%)																																																																																
Densidade aparente seca máxima (g/cm³)																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (mm)</th> <th rowspan="2">TEMPO (mm)</th> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (pol)</th> <th colspan="2">GOLPES POR CAMADA</th> </tr> <tr> <th>Def. do anel (mm)</th> <th>Carga (Kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,635</td><td>0,5</td><td>0,025</td><td>42</td><td>85,18</td></tr> <tr><td>1,270</td><td>1</td><td>0,050</td><td>137</td><td>277,84</td></tr> <tr><td>1,905</td><td>1,5</td><td>0,075</td><td>235</td><td>476,58</td></tr> <tr><td>2,540</td><td>2</td><td>0,100</td><td>312</td><td>632,74</td></tr> <tr><td>3,175</td><td>2,5</td><td>0,125</td><td>407</td><td>825,40</td></tr> <tr><td>3,810</td><td>3</td><td>0,150</td><td>490</td><td>993,72</td></tr> <tr><td>4,445</td><td>3,5</td><td>0,175</td><td>523</td><td>1060,64</td></tr> <tr><td>5,080</td><td>4</td><td>0,200</td><td>588</td><td>1192,46</td></tr> <tr><td>5,715</td><td>4,5</td><td>0,225</td><td>634</td><td>1285,75</td></tr> <tr><td>6,350</td><td>5</td><td>0,250</td><td>682</td><td>1383,10</td></tr> <tr><td>6,985</td><td>5,5</td><td>0,275</td><td>739</td><td>1498,69</td></tr> <tr><td>7,620</td><td>6</td><td>0,300</td><td>771</td><td>1563,59</td></tr> <tr><td>8,255</td><td>6,5</td><td>0,325</td><td>828</td><td>1679,18</td></tr> </tbody> </table>									PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA		Def. do anel (mm)	Carga (Kg)	0,635	0,5	0,025	42	85,18	1,270	1	0,050	137	277,84	1,905	1,5	0,075	235	476,58	2,540	2	0,100	312	632,74	3,175	2,5	0,125	407	825,40	3,810	3	0,150	490	993,72	4,445	3,5	0,175	523	1060,64	5,080	4	0,200	588	1192,46	5,715	4,5	0,225	634	1285,75	6,350	5	0,250	682	1383,10	6,985	5,5	0,275	739	1498,69	7,620	6	0,300	771	1563,59	8,255	6,5	0,325	828	1679,18
PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA																																																																													
			Def. do anel (mm)	Carga (Kg)																																																																												
0,635	0,5	0,025	42	85,18																																																																												
1,270	1	0,050	137	277,84																																																																												
1,905	1,5	0,075	235	476,58																																																																												
2,540	2	0,100	312	632,74																																																																												
3,175	2,5	0,125	407	825,40																																																																												
3,810	3	0,150	490	993,72																																																																												
4,445	3,5	0,175	523	1060,64																																																																												
5,080	4	0,200	588	1192,46																																																																												
5,715	4,5	0,225	634	1285,75																																																																												
6,350	5	0,250	682	1383,10																																																																												
6,985	5,5	0,275	739	1498,69																																																																												
7,620	6	0,300	771	1563,59																																																																												
8,255	6,5	0,325	828	1679,18																																																																												
CBR: 58,1 % EXPANSÃO: 0,02 % GRAU DE COMPACTAÇÃO:																																																																																



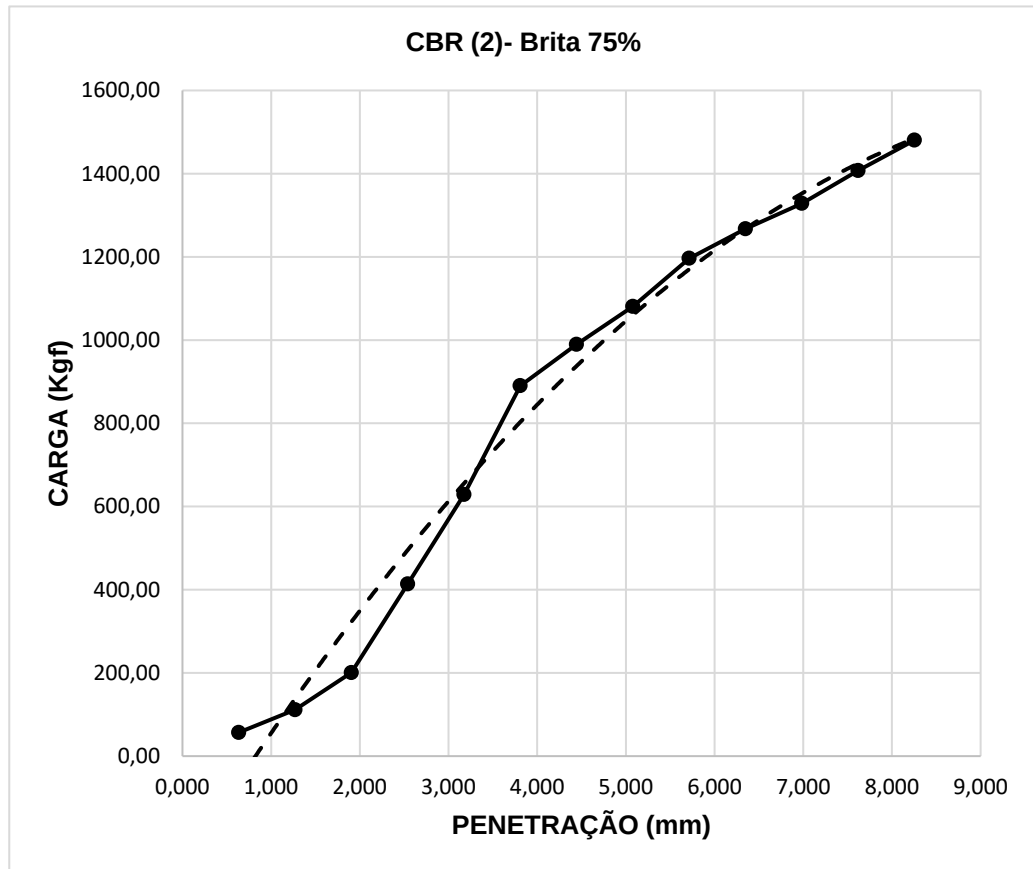
DADOS	Carga Kgf	CBR (%)	∴ CBR (%)	EXPANSÃO (%)
CBR 0,1" (%) =	632,74	47,7	58,1	0,02
CBR 0,2" (%) =	1192,46	58,1		

 UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" Câmpus de Ilha Solteira		DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL																																																																														
ENSAIO DE CBR Brita 1 75% - 1																																																																																
Operador: Igor Muller Local: Ilha Solteira Amostra: Solo-Agregado 25%/75% - Intermediário			Umidade ótima (w): 10,4 % Densidade Máxima (pd máx): 2,147 g/cm³ Data: 01/07/2023																																																																													
PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA			SATURAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA																																																																													
Cilindro N°	5		DIA	HORA	TEMP. DEC.	ALTURA INICIAL: 11,51																																																																										
N° de camadas	5					LEITURA DEFLECT.	Δh	(%)																																																																								
N° de golpes	26																																																																															
DADOS DE AMOSTRA			ANTES DA SATURAÇÃO			APÓS SATURAÇÃO																																																																										
Peso am. Um. + molde (g)			9170			9205																																																																										
Peso do molde (g)			4188			4188																																																																										
Peso da amostra (g)			4982			5017																																																																										
Volume da amostra (cm³)			2102			2102																																																																										
Densidade aparente úmida (g/cm³)			2,370			2,387																																																																										
DETERMINAÇÃO DO TEOR DA UMIDADE																																																																																
Capsula:																																																																																
Solo + Água + Tara (g)																																																																																
Solo + Tara (g)																																																																																
Solo (g)																																																																																
Água (g)																																																																																
Tara (g)																																																																																
w (%)																																																																																
w média (%)																																																																																
Densidade aparente seca máxima (g/cm³)																																																																																
						CBR: 64,0 % EXPANSÃO: 0,01 % GRAU DE COMPACTAÇÃO:																																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (mm)</th> <th rowspan="2">TEMPO (mm)</th> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (pol)</th> <th colspan="2">GOLPES POR CAMADA</th> </tr> <tr> <th>Def. do anel (mm)</th> <th>Carga (Kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,635</td><td>0,5</td><td>0,025</td><td>39</td><td>79,09</td></tr> <tr><td>1,270</td><td>1</td><td>0,050</td><td>122</td><td>247,42</td></tr> <tr><td>1,905</td><td>1,5</td><td>0,075</td><td>225</td><td>456,30</td></tr> <tr><td>2,540</td><td>2</td><td>0,100</td><td>310</td><td>628,68</td></tr> <tr><td>3,175</td><td>2,5</td><td>0,125</td><td>408</td><td>827,42</td></tr> <tr><td>3,810</td><td>3</td><td>0,150</td><td>487</td><td>987,64</td></tr> <tr><td>4,445</td><td>3,5</td><td>0,175</td><td>533</td><td>1080,92</td></tr> <tr><td>5,080</td><td>4</td><td>0,200</td><td>605</td><td>1226,94</td></tr> <tr><td>5,715</td><td>4,5</td><td>0,225</td><td>690</td><td>1399,32</td></tr> <tr><td>6,350</td><td>5</td><td>0,250</td><td>740</td><td>1500,72</td></tr> <tr><td>6,985</td><td>5,5</td><td>0,275</td><td>793</td><td>1608,20</td></tr> <tr><td>7,620</td><td>6</td><td>0,300</td><td>822</td><td>1667,02</td></tr> <tr><td>8,255</td><td>6,5</td><td>0,325</td><td>850</td><td>1723,80</td></tr> </tbody> </table>					PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA		Def. do anel (mm)	Carga (Kg)	0,635	0,5	0,025	39	79,09	1,270	1	0,050	122	247,42	1,905	1,5	0,075	225	456,30	2,540	2	0,100	310	628,68	3,175	2,5	0,125	408	827,42	3,810	3	0,150	487	987,64	4,445	3,5	0,175	533	1080,92	5,080	4	0,200	605	1226,94	5,715	4,5	0,225	690	1399,32	6,350	5	0,250	740	1500,72	6,985	5,5	0,275	793	1608,20	7,620	6	0,300	822	1667,02	8,255	6,5	0,325	850	1723,80				
PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA																																																																													
			Def. do anel (mm)	Carga (Kg)																																																																												
0,635	0,5	0,025	39	79,09																																																																												
1,270	1	0,050	122	247,42																																																																												
1,905	1,5	0,075	225	456,30																																																																												
2,540	2	0,100	310	628,68																																																																												
3,175	2,5	0,125	408	827,42																																																																												
3,810	3	0,150	487	987,64																																																																												
4,445	3,5	0,175	533	1080,92																																																																												
5,080	4	0,200	605	1226,94																																																																												
5,715	4,5	0,225	690	1399,32																																																																												
6,350	5	0,250	740	1500,72																																																																												
6,985	5,5	0,275	793	1608,20																																																																												
7,620	6	0,300	822	1667,02																																																																												
8,255	6,5	0,325	850	1723,80																																																																												



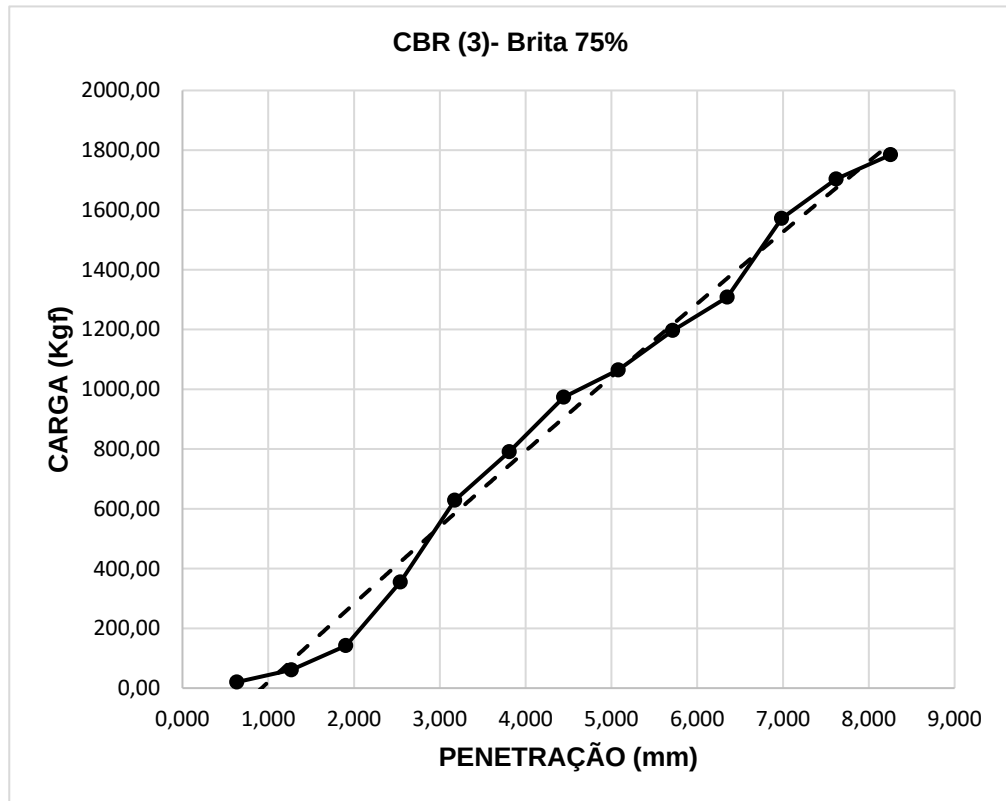
DADOS	Carga Kgf	CBR (%)	∴ CBR (%)	EXPANSÃO (%)
CBR 0,1" (%) =	628,68	50,5	64,0	0,01
CBR 0,2" (%) =	1226,94	64,0		

 UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" Câmpus de Ilha Solteira		DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL																																																																										
ENSAIO DE CBR Brita 1 75% - 2																																																																												
Operador: Igor Muller Local: Ilha Solteira Amostra: Solo-Agregado 25%/75% - Intermediário			Umidade ótima (w): 10,4 % Densidade Máxima (pd máx): 2,052 g/cm³ Data: 16/05/2023																																																																									
PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA			SATURAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA																																																																									
Cilindro N°	5		DIA	HORA	TEMP. DEC.	ALTURA INICIAL: 11,51																																																																						
N° de camadas	5					LEITURA DEFLECT.	Δh	(%)																																																																				
N° de golpes	26																																																																											
DADOS DE AMOSTRA			CBR: 54,8 %																																																																									
	ANTES DA SATURAÇÃO	APÓS SATURAÇÃO	EXPANSÃO: 0,03 %																																																																									
Peso am. Um. + molde (g)	8950	9035	GRAU DE COMPACTAÇÃO:																																																																									
Peso do molde (g)	4188	4188																																																																										
Peso da amostra (g)	4762	4847																																																																										
Volume da amostra (cm³)	2102	2102																																																																										
Densidade aparente úmida (g/cm³)	2,265	2,306																																																																										
DETERMINAÇÃO DO TEOR DA UMIDADE																																																																												
Capsula:																																																																												
Solo + Água + Tara (g)																																																																												
Solo + Tara (g)																																																																												
Solo (g)																																																																												
Água (g)																																																																												
Tara (g)																																																																												
w (%)																																																																												
w média (%)																																																																												
Densidade aparente seca máxima (g/cm³)																																																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (mm)</th> <th rowspan="2">TEMPO (mm)</th> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (pol)</th> <th colspan="2">GOLPES POR CAMADA</th> </tr> <tr> <th>Def. do anel (mm)</th> <th>Carga (Kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,635</td><td>0,5</td><td>0,025</td><td>28</td><td>56,78</td></tr> <tr><td>1,270</td><td>1</td><td>0,050</td><td>55</td><td>111,54</td></tr> <tr><td>1,905</td><td>1,5</td><td>0,075</td><td>99</td><td>200,77</td></tr> <tr><td>2,540</td><td>2</td><td>0,100</td><td>204</td><td>413,71</td></tr> <tr><td>3,175</td><td>2,5</td><td>0,125</td><td>310</td><td>628,68</td></tr> <tr><td>3,810</td><td>3</td><td>0,150</td><td>439</td><td>890,29</td></tr> <tr><td>4,445</td><td>3,5</td><td>0,175</td><td>488</td><td>989,66</td></tr> <tr><td>5,080</td><td>4</td><td>0,200</td><td>533</td><td>1080,92</td></tr> <tr><td>5,715</td><td>4,5</td><td>0,225</td><td>590</td><td>1196,52</td></tr> <tr><td>6,350</td><td>5</td><td>0,250</td><td>625</td><td>1267,50</td></tr> <tr><td>6,985</td><td>5,5</td><td>0,275</td><td>655</td><td>1328,34</td></tr> <tr><td>7,620</td><td>6</td><td>0,300</td><td>694</td><td>1407,43</td></tr> <tr><td>8,255</td><td>6,5</td><td>0,325</td><td>730</td><td>1480,44</td></tr> </tbody> </table>			PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA		Def. do anel (mm)	Carga (Kg)	0,635	0,5	0,025	28	56,78	1,270	1	0,050	55	111,54	1,905	1,5	0,075	99	200,77	2,540	2	0,100	204	413,71	3,175	2,5	0,125	310	628,68	3,810	3	0,150	439	890,29	4,445	3,5	0,175	488	989,66	5,080	4	0,200	533	1080,92	5,715	4,5	0,225	590	1196,52	6,350	5	0,250	625	1267,50	6,985	5,5	0,275	655	1328,34	7,620	6	0,300	694	1407,43	8,255	6,5	0,325	730	1480,44		
PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)				GOLPES POR CAMADA																																																																						
			Def. do anel (mm)	Carga (Kg)																																																																								
0,635	0,5	0,025	28	56,78																																																																								
1,270	1	0,050	55	111,54																																																																								
1,905	1,5	0,075	99	200,77																																																																								
2,540	2	0,100	204	413,71																																																																								
3,175	2,5	0,125	310	628,68																																																																								
3,810	3	0,150	439	890,29																																																																								
4,445	3,5	0,175	488	989,66																																																																								
5,080	4	0,200	533	1080,92																																																																								
5,715	4,5	0,225	590	1196,52																																																																								
6,350	5	0,250	625	1267,50																																																																								
6,985	5,5	0,275	655	1328,34																																																																								
7,620	6	0,300	694	1407,43																																																																								
8,255	6,5	0,325	730	1480,44																																																																								



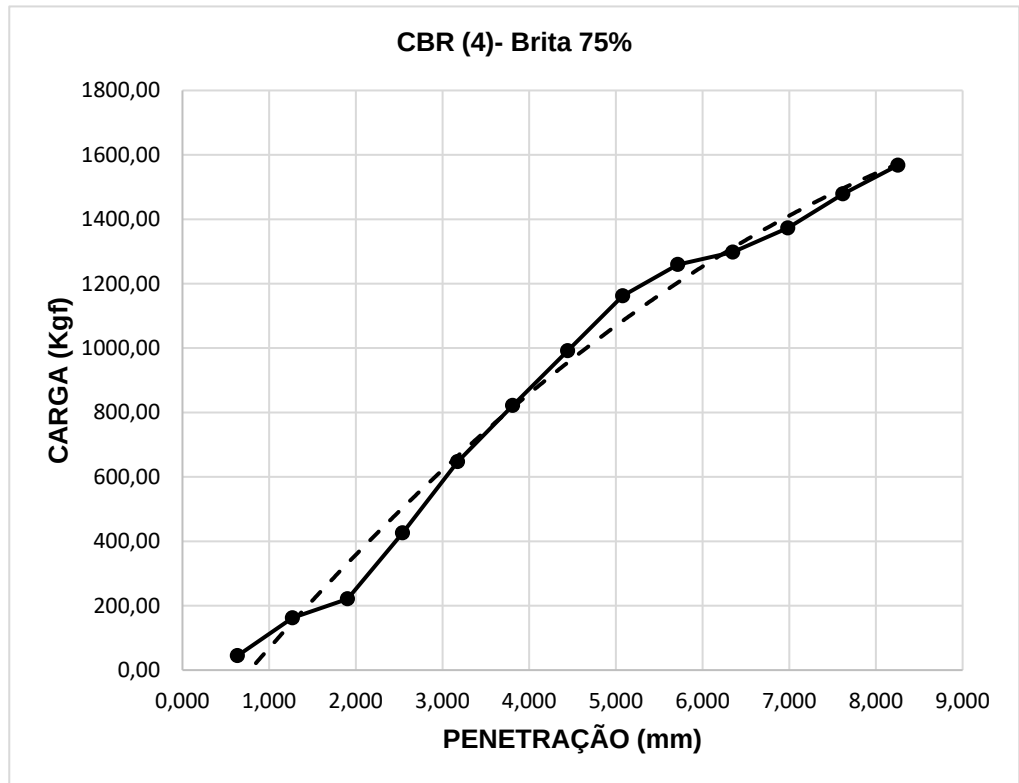
DADOS	Carga Kg	CBR (%)	∴ CBR (%)	EXPANSÃO (%)
CBR 0,1" (%) =	413,71	45,2	54,8	0,03
CBR 0,2" (%) =	1080,92	54,8		

 UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" Câmpus de Ilha Solteira		DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL																																																																														
ENSAIO DE CBR Brita 1 75% - 3																																																																																
Operador: Igor Muller Local: Ilha Solteira Amostra: Solo-Agregado 25%/75% - Intermediário			Umidade ótima (w): 10,4 % Densidade Máxima (pd máx): 2,078 g/cm³ Data: 09/05/2023																																																																													
PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA			SATURAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA																																																																													
Cilindro N°	5		DIA	HORA	TEMP. DEC.	ALTURA INICIAL: 11,51																																																																										
N° de camadas	5					LEITURA DEFLECT.	Δh	(%)																																																																								
N° de golpes	26																																																																															
DADOS DE AMOSTRA			ANTES DA SATURAÇÃO	APÓS SATURAÇÃO																																																																												
Peso am. Um. + molde (g)	9010		9095																																																																													
Peso do molde (g)	4188		4188																																																																													
Peso da amostra (g)	4822		4907																																																																													
Volume da amostra (cm³)	2102		2102																																																																													
Densidade aparente úmida (g/cm³)	2,294		2,334																																																																													
DETERMINAÇÃO DO TEOR DA UMIDADE			CBR: 55,7 % EXPANSÃO: 0,01 % GRAU DE COMPACTAÇÃO:																																																																													
Capsula: Solo + Água + Tara (g) Solo + Tara (g) Solo (g) Água (g) Tara (g) w (%) w média (%) Densidade aparente seca máxima (g/cm³)																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (mm)</th> <th rowspan="2">TEMPO (mm)</th> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (pol)</th> <th colspan="2">GOLPES POR CAMADA</th> </tr> <tr> <th>Def. do anel (mm)</th> <th>Carga (Kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,635</td><td>0,5</td><td>0,025</td><td>10</td><td>20,28</td></tr> <tr><td>1,270</td><td>1</td><td>0,050</td><td>30</td><td>60,84</td></tr> <tr><td>1,905</td><td>1,5</td><td>0,075</td><td>70</td><td>141,96</td></tr> <tr><td>2,540</td><td>2</td><td>0,100</td><td>175</td><td>354,90</td></tr> <tr><td>3,175</td><td>2,5</td><td>0,125</td><td>310</td><td>628,68</td></tr> <tr><td>3,810</td><td>3</td><td>0,150</td><td>390</td><td>790,92</td></tr> <tr><td>4,445</td><td>3,5</td><td>0,175</td><td>480</td><td>973,44</td></tr> <tr><td>5,080</td><td>4</td><td>0,200</td><td>525</td><td>1064,70</td></tr> <tr><td>5,715</td><td>4,5</td><td>0,225</td><td>590</td><td>1196,52</td></tr> <tr><td>6,350</td><td>5</td><td>0,250</td><td>645</td><td>1308,06</td></tr> <tr><td>6,985</td><td>5,5</td><td>0,275</td><td>775</td><td>1571,70</td></tr> <tr><td>7,620</td><td>6</td><td>0,300</td><td>840</td><td>1703,52</td></tr> <tr><td>8,255</td><td>6,5</td><td>0,325</td><td>880</td><td>1784,64</td></tr> </tbody> </table>			PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA		Def. do anel (mm)	Carga (Kg)	0,635	0,5	0,025	10	20,28	1,270	1	0,050	30	60,84	1,905	1,5	0,075	70	141,96	2,540	2	0,100	175	354,90	3,175	2,5	0,125	310	628,68	3,810	3	0,150	390	790,92	4,445	3,5	0,175	480	973,44	5,080	4	0,200	525	1064,70	5,715	4,5	0,225	590	1196,52	6,350	5	0,250	645	1308,06	6,985	5,5	0,275	775	1571,70	7,620	6	0,300	840	1703,52	8,255	6,5	0,325	880	1784,64						
PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)				GOLPES POR CAMADA																																																																										
			Def. do anel (mm)	Carga (Kg)																																																																												
0,635	0,5	0,025	10	20,28																																																																												
1,270	1	0,050	30	60,84																																																																												
1,905	1,5	0,075	70	141,96																																																																												
2,540	2	0,100	175	354,90																																																																												
3,175	2,5	0,125	310	628,68																																																																												
3,810	3	0,150	390	790,92																																																																												
4,445	3,5	0,175	480	973,44																																																																												
5,080	4	0,200	525	1064,70																																																																												
5,715	4,5	0,225	590	1196,52																																																																												
6,350	5	0,250	645	1308,06																																																																												
6,985	5,5	0,275	775	1571,70																																																																												
7,620	6	0,300	840	1703,52																																																																												
8,255	6,5	0,325	880	1784,64																																																																												



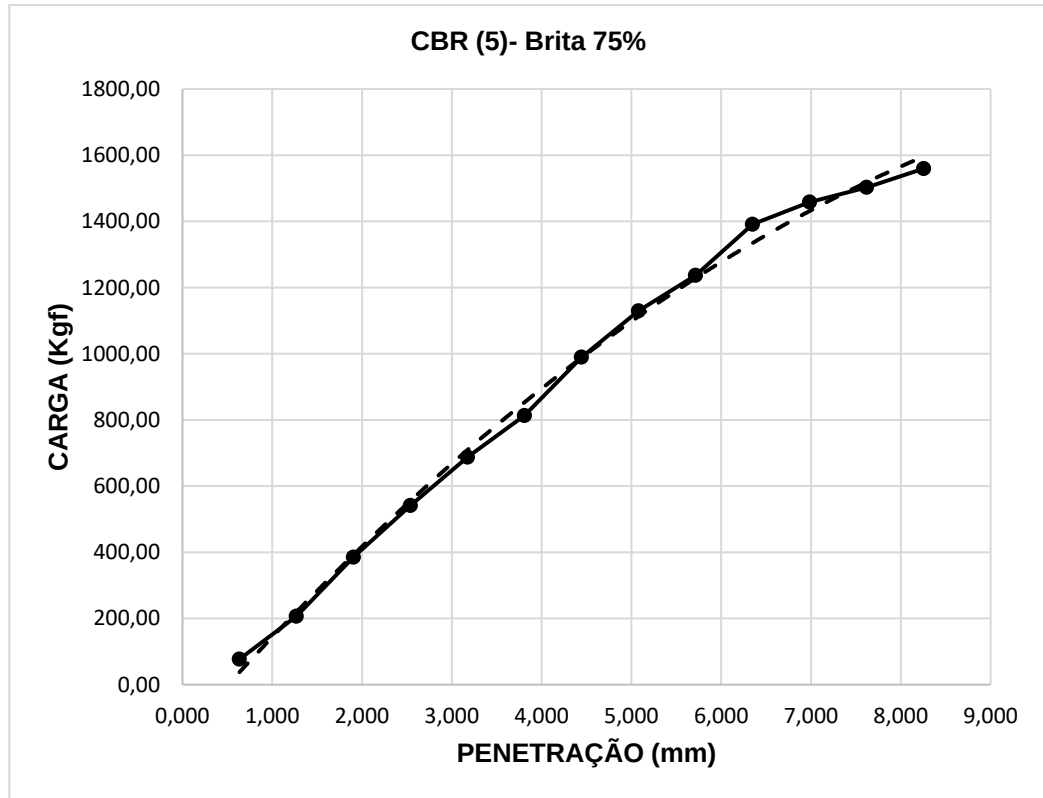
DADOS	Carga Kgf	CBR (%)	∴ CBR (%)	EXPANSÃO (%)
CBR 0,1" (%) =	354,90	43,0	55,7	0,01
CBR 0,2" (%) =	1064,70	55,7		

 UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" Câmpus de Ilha Solteira		DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL																																																																											
ENSAIO DE CBR Brita 1 75% - 4																																																																													
Operador: Igor Muller Local: Ilha Solteira Amostra: Solo-Agregado 25%/75% - Intermediário			Umidade ótima (w): 10,4 % Densidade Máxima (pd máx): 2,115 g/cm³ Data: 26/06/2023																																																																										
PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA			SATURAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA																																																																										
Cilindro N°	5		DIA	HORA	TEMP. DEC.	ALTURA INICIAL: 11,51																																																																							
N° de camadas	5					LEITURA DEFLECT.	Δh	(%)																																																																					
N° de golpes	26																																																																												
DADOS DE AMOSTRA			ANTES DA SATURAÇÃO	APÓS SATURAÇÃO																																																																									
Peso am. Um. + molde (g)	9095		4188		4188																																																																								
Peso do molde (g)	4907		2102		2102																																																																								
Peso da amostra (g)	2334		2,356		2,356																																																																								
Volume da amostra (cm³)																																																																													
Densidade aparente úmida (g/cm³)																																																																													
DETERMINAÇÃO DO TEOR DA UMIDADE			CBR: 58,4 % EXPANSÃO: 0,01 % GRAU DE COMPACTAÇÃO:																																																																										
Capsula: Solo + Água + Tara (g) Solo + Tara (g) Solo (g) Água (g) Tara (g) w (%) w média (%) Densidade aparente seca máxima (g/cm³)																																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (mm)</th> <th rowspan="2">TEMPO (mm)</th> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (pol)</th> <th colspan="2">GOLPES POR CAMADA</th> </tr> <tr> <th>Def. do anel (mm)</th> <th>Carga (Kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,635</td><td>0,5</td><td>0,025</td><td>22</td><td>44,62</td></tr> <tr><td>1,270</td><td>1</td><td>0,050</td><td>80</td><td>162,24</td></tr> <tr><td>1,905</td><td>1,5</td><td>0,075</td><td>109</td><td>221,05</td></tr> <tr><td>2,540</td><td>2</td><td>0,100</td><td>210</td><td>425,88</td></tr> <tr><td>3,175</td><td>2,5</td><td>0,125</td><td>319</td><td>646,93</td></tr> <tr><td>3,810</td><td>3</td><td>0,150</td><td>405</td><td>821,34</td></tr> <tr><td>4,445</td><td>3,5</td><td>0,175</td><td>489</td><td>991,69</td></tr> <tr><td>5,080</td><td>4</td><td>0,200</td><td>573</td><td>1162,04</td></tr> <tr><td>5,715</td><td>4,5</td><td>0,225</td><td>621</td><td>1259,39</td></tr> <tr><td>6,350</td><td>5</td><td>0,250</td><td>640</td><td>1297,92</td></tr> <tr><td>6,985</td><td>5,5</td><td>0,275</td><td>677</td><td>1372,96</td></tr> <tr><td>7,620</td><td>6</td><td>0,300</td><td>729</td><td>1478,41</td></tr> <tr><td>8,255</td><td>6,5</td><td>0,325</td><td>773</td><td>1567,64</td></tr> </tbody> </table>			PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA		Def. do anel (mm)	Carga (Kg)	0,635	0,5	0,025	22	44,62	1,270	1	0,050	80	162,24	1,905	1,5	0,075	109	221,05	2,540	2	0,100	210	425,88	3,175	2,5	0,125	319	646,93	3,810	3	0,150	405	821,34	4,445	3,5	0,175	489	991,69	5,080	4	0,200	573	1162,04	5,715	4,5	0,225	621	1259,39	6,350	5	0,250	640	1297,92	6,985	5,5	0,275	677	1372,96	7,620	6	0,300	729	1478,41	8,255	6,5	0,325	773	1567,64			
PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)				GOLPES POR CAMADA																																																																							
			Def. do anel (mm)	Carga (Kg)																																																																									
0,635	0,5	0,025	22	44,62																																																																									
1,270	1	0,050	80	162,24																																																																									
1,905	1,5	0,075	109	221,05																																																																									
2,540	2	0,100	210	425,88																																																																									
3,175	2,5	0,125	319	646,93																																																																									
3,810	3	0,150	405	821,34																																																																									
4,445	3,5	0,175	489	991,69																																																																									
5,080	4	0,200	573	1162,04																																																																									
5,715	4,5	0,225	621	1259,39																																																																									
6,350	5	0,250	640	1297,92																																																																									
6,985	5,5	0,275	677	1372,96																																																																									
7,620	6	0,300	729	1478,41																																																																									
8,255	6,5	0,325	773	1567,64																																																																									



DADOS	Carga Kgff	CBR (%)	∴ CBR (%)	EXPANSÃO (%)
CBR 0,1" (%) =	425,88	39,9	58,4	0,01
CBR 0,2" (%) =	1162,04	58,4		

 UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" Câmpus de Ilha Solteira		DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL																																																																											
ENSAIO DE CBR Brita 1 75% - 5																																																																													
Operador: Igor Muller Local: Ilha Solteira Amostra: Solo-Agregado 25%/75% - Intermediário			Umidade ótima (w): 10,4 % Densidade Máxima (pd máx): 2,168 g/cm³ Data: 07/07/2023																																																																										
PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA			SATURAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA																																																																										
Cilindro N°	5		DIA	HORA	TEMP. DEC.	ALTURA INICIAL: 11,51																																																																							
N° de camadas	5					LEITURA DEFLECT.	Δh	(%)																																																																					
N° de golpes	26																																																																												
DADOS DE AMOSTRA			ANTES DA SATURAÇÃO	APÓS SATURAÇÃO																																																																									
Peso am. Um. + molde (g)	9220		9250																																																																										
Peso do molde (g)	4188		4188																																																																										
Peso da amostra (g)	5032		5062																																																																										
Volume da amostra (cm³)	2102		2102																																																																										
Densidade aparente úmida (g/cm³)	2,394		2,408																																																																										
DETERMINAÇÃO DO TEOR DA UMIDADE																																																																													
Capsula:																																																																													
Solo + Água + Tara (g)																																																																													
Solo + Tara (g)																																																																													
Solo (g)																																																																													
Água (g)																																																																													
Tara (g)																																																																													
w (%)																																																																													
w média (%)																																																																													
Densidade aparente seca máxima (g/cm³)																																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (mm)</th> <th rowspan="2">TEMPO (mm)</th> <th rowspan="2">PENETRAÇÃO (pol)</th> <th colspan="2">GOLPES POR CAMADA</th> </tr> <tr> <th>Def. do anel (mm)</th> <th>Carga (Kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,635</td><td>0,5</td><td>0,025</td><td>38</td><td>77,06</td></tr> <tr><td>1,270</td><td>1</td><td>0,050</td><td>102</td><td>206,86</td></tr> <tr><td>1,905</td><td>1,5</td><td>0,075</td><td>190</td><td>385,32</td></tr> <tr><td>2,540</td><td>2</td><td>0,100</td><td>267</td><td>541,48</td></tr> <tr><td>3,175</td><td>2,5</td><td>0,125</td><td>339</td><td>687,49</td></tr> <tr><td>3,810</td><td>3</td><td>0,150</td><td>401</td><td>813,23</td></tr> <tr><td>4,445</td><td>3,5</td><td>0,175</td><td>488</td><td>989,66</td></tr> <tr><td>5,080</td><td>4</td><td>0,200</td><td>557</td><td>1129,60</td></tr> <tr><td>5,715</td><td>4,5</td><td>0,225</td><td>610</td><td>1237,08</td></tr> <tr><td>6,350</td><td>5</td><td>0,250</td><td>686</td><td>1391,21</td></tr> <tr><td>6,985</td><td>5,5</td><td>0,275</td><td>719</td><td>1458,13</td></tr> <tr><td>7,620</td><td>6</td><td>0,300</td><td>741</td><td>1502,75</td></tr> <tr><td>8,255</td><td>6,5</td><td>0,325</td><td>769</td><td>1559,53</td></tr> </tbody> </table>						PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA		Def. do anel (mm)	Carga (Kg)	0,635	0,5	0,025	38	77,06	1,270	1	0,050	102	206,86	1,905	1,5	0,075	190	385,32	2,540	2	0,100	267	541,48	3,175	2,5	0,125	339	687,49	3,810	3	0,150	401	813,23	4,445	3,5	0,175	488	989,66	5,080	4	0,200	557	1129,60	5,715	4,5	0,225	610	1237,08	6,350	5	0,250	686	1391,21	6,985	5,5	0,275	719	1458,13	7,620	6	0,300	741	1502,75	8,255	6,5	0,325	769	1559,53
PENETRAÇÃO (mm)	TEMPO (mm)	PENETRAÇÃO (pol)	GOLPES POR CAMADA																																																																										
			Def. do anel (mm)	Carga (Kg)																																																																									
0,635	0,5	0,025	38	77,06																																																																									
1,270	1	0,050	102	206,86																																																																									
1,905	1,5	0,075	190	385,32																																																																									
2,540	2	0,100	267	541,48																																																																									
3,175	2,5	0,125	339	687,49																																																																									
3,810	3	0,150	401	813,23																																																																									
4,445	3,5	0,175	488	989,66																																																																									
5,080	4	0,200	557	1129,60																																																																									
5,715	4,5	0,225	610	1237,08																																																																									
6,350	5	0,250	686	1391,21																																																																									
6,985	5,5	0,275	719	1458,13																																																																									
7,620	6	0,300	741	1502,75																																																																									
8,255	6,5	0,325	769	1559,53																																																																									
CBR: 55,1 % EXPANSÃO: 0,01 % GRAU DE COMPACTAÇÃO:																																																																													



DADOS	Carga Kg	CBR (%)	∴ CBR (%)	EXPANSÃO (%)
CBR 0,1" (%) =	541,48	43,8	55,1	0,01
CBR 0,2" (%) =	1129,60	55,1		

ANEXO F – MEMORIAL DE CÁLCULO DAS PROPORÇÕES DE AGREGADOS E SOLOS SUBSTITUÍDAS EM VOLUME SECO.

PROPORÇÕES (SECO)									
LEGENDA: M (S) = MASSA DO SOLO; M (AGE) = MASSA DO AGREGADO ESCORIAL; M(AGB) = MASSA DO AGREGADO BRITADO.									
55 % AGREGADO									
Massa (g)					Volume (cm³)				
CAPS n°	2	2 Adotado	5	5 Adotado	CAPS	Calculado		ADOTADOS	
M (S) (g)	1929,09	1930	-	-		55% Agregado	45% Solo	55% Agregado	45% Solo
M(AGE) (g)	1760,32	1761	-	-	2	1144,55	936,45	1145	937
M(AGB) (g)	-	-	1534,14	1535	5	1156,1	945,9	1157	946

65 % AGREGADO									
Massa (g)					Volume (cm³)				
CAPS n°	2	2 Adotado	5	5 Adotado	CAPS	Calculado		ADOTADOS	
M (S) (g)	1499,68	1500	-	-		65% Agregado	35% Solo	65% Agregado	35% Solo
M(AGE) (g)	2080,91	2081	-	-	2	1352,65	728,35	1353	728
M(AGB) (g)	-	-	1814,01	1815	5	1366,3	735,7	1367	735

75 % AGREGADO									
Massa (g)					Volume (cm³)				
CAPS n°	2	2 Adotado	5	5 Adotado	CAPS	Calculado		ADOTADOS	
M (S) (g)	1071,2	1072	-	-		75% Agregado	25% Solo	75% Agregado	25% Solo
M(AGE) (g)	2246,28	2247	-	-	2	1560,75	520,25	1561	520
M(AGB) (g)	-	-	2195,18	2093	5	1576,5	525,5	1577	525

CILINDROS DE CBR		
n°	2	5
Tara (g)	4261	4188
Volume (cm³)	2081	2102
Altura (cm)	11,41	11,51