

Programa de Pós-Graduação em **Engenharia Civil e Ambiental**

Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais
Departamento de Engenharia Civil

UTILIZAÇÃO DE MATERIAL FRESADO PARA APLICAÇÃO
EM CAMADAS ESTABILIZADAS DE SUB-BASES DE
PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS

FLÁVIO DE ALMEIDA QUEIROZ

Campina Grande
Data: MAIO / 2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
ÁREA DE GEOTÉCNICA

**UTILIZAÇÃO DE MATERIAL FRESADO PARA APLICAÇÃO EM CAMADAS
ESTABILIZADAS DE BASES E SUB-BASES DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS**

Por:

Flávio de Almeida Queiroz

ORIENTADOR:

PROF. ADRIANO ELÍSIO DE FIGUEIREDO LOPES LUCENA, D.Sc.

CAMPINA GRANDE

MAIO DE 2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

- Q384u Queiroz, Flávio de Almeida
Utilização de Material Fresado para Aplicação em Camadas Estabilizadas de Bases e Sub-Bases de Pavimentos rodoviários / Ronaldo Amâncio Meneses. – Campina Grande, 2011.
129 f.: il. col.
- Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.
Orientador: Prof. Dr.º Adriano Elísio de Figueiredo Lopes Lucena.
Referências.
1. Material Fresado. 2. Reciclagem. 3. Estabilização de Sub-Bases e Bases. 4. Pavimentos Rodoviários. I. Título.

CDU 693.7(043)

**UTILIZAÇÃO DE MATERIAL FRESADO PARA APLICAÇÃO EM CAMADAS
ESTABILIZADAS DE BASES E SUB-BASES DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS**

Flávio de Almeida Queiroz

Dissertação apresentada ao Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL.

DISSERTAÇÃO DEFENDIDA E APROVADA EM: 30 / 05 / 11

Banca examinadora:

Adriano Elísio de F. L. Lucena

Prof. Adriano Elísio de Figueiredo Lopes Lucena, D.Sc. (UAEC/UFCG)

Orientador

Ricardo Almeida de Melo

Prof. Ricardo Almeida de Melo, D.Sc (UFPB)

Examinador Externo

John Kennedy Guedes Rodrigues

Prof. John Kennedy Guedes Rodrigues, D.Sc. (UFCG)

Examinador Interno

DEDICATÓRIA

À Deus, presença constante em minha vida.

Aos meus pais, pelo carinho e incentivo.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela infinita graça e poder, pela sua presença constante em minha vida, por escutar minhas orações nos momentos de angústia, dificuldades e nos momentos de alegria ao ver fluir as idéias na produção desta obra.

A mãe Célia e ao meu pai Arlindo, que me deram o alicerce da vida para a busca do saber que não se aprende nos livros, por tudo que sou e tudo que tenho, por acreditar na minha capacidade e nos meus sonhos, quando eu mesma achava impossível, pelos inúmeros exemplos de determinação, disciplina, conquistas, liderança e bondade.

Aos meus irmãos Felipe e André, pelo entusiasmo de vida e pelo estímulo à minha dedicação profissional, que sempre se mostraram dispostos a me ajudar e torcem pela minha felicidade e sucesso profissional acreditando no meu potencial.

A minha namorada Raquel, que me encanta todos os dias com seu jeito doce de ser e que sempre me incentivou a atingir os meus propósitos, sempre me apoiando e disposta a ajudar nos momentos difíceis, agradeço pelo amor, cumplicidade, dedicação e compreensão ao longo dessa jornada.

A toda minha família, que sempre acreditaram na minha capacidade de aprender, pelo exemplo de vida e pelos ensinamentos deixados, contribuindo para a minha formação e pelo apoio, esforço e amor dedicado ao longo dos anos.

Aos amigos que conquistei ao longo da pós-graduação, sou grato pelos momentos compartilhados ao longo dessa caminhada.

A Dona Maria José, Danilo, Daniele e João Pedro que sempre me apoiaram.

A meu amigo Luiz que sempre me incentivou.

Aos meus amigos Igor e Jadilson da UFCG, que muito me apoiaram nos trabalhos para realização dos ensaios laboratoriais.

Ao meu amigo Cláudio pela paciência e ajuda.

Ao Comandante do 1º Grupamento de Engenharia, meus chefes diretos e todos os amigos que acompanharam e apoiaram a minha caminhada.

Aos componentes do 2º Batalhão de Engenharia de Construção pela amizade, destreza e apoio que tiveram por mim.

A todos os docentes e funcionários do curso de Pós-graduação de Engenharia civil e ambiental da Universidade Federal de Campina Grande, pelos valiosos ensinamentos e na disposição em sempre ajudar.

A banca examinadora: Prof. Ricardo Almeida de Melo e Prof. John Kennedy Guedes Rodrigues, por suas contribuições para o enriquecimento deste estudo.

Em especial ao Prof. Adriano Elísio de Figueiredo Lopes Lucena, pela orientação exemplar com que fui privilegiado, pelo convívio na orientação desse trabalho, na inestimável paciência, compreensão e apoio, pelo seu exemplo de dedicação profissional, pela disponibilidade em todas às vezes que precisei de sua ajuda, pelas palavras de elogio e estímulo, pelo conhecimento, sabedoria e dedicação.

A todos que diretamente ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho.

Muito Obrigado!

UTILIZAÇÃO DE MATERIAL FRESADO PARA APLICAÇÃO EM CAMADAS ESTABILIZADAS DE BASES E SUB-BASES DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS

Resumo

A preocupação mundial em proporcionar um destino ecologicamente correto aos resíduos gerados pelas atividades de manutenção e restauração rodoviárias tem impulsionado a adoção de técnicas para a reutilização de resíduos industriais nos canteiros de trabalho. Desta forma, esta pesquisa tem por objetivo apresentar uma alternativa viável, técnica e econômica para a utilização dos resíduos de fresagem em camadas de sub-base e/ou base de pavimentos rodoviários, através das misturas com solo de jazida, cal e cimento. O estudo foi dividido em duas etapas: a avaliação das propriedades físicas dos materiais utilizados e a avaliação das propriedades mecânicas das misturas de solo+MF, solo+MF+cal e solo+MF+cimento. Com base em um experimento piloto realizado com as misturas de solo e material fresado nos teores de 20%, 25%, 30%, 35%, 40% e 45%, foi adotado o percentual fixo de 45% de material fresado para a adição dos aglomerantes, por apresentar um valor de CBR igual a 25%, que atendeu as especificações do DNIT para uso em camadas de sub-base (DNIT- ES 139/10). Foram adicionados a cal e o cimento nos teores de 2%, 4%, 6%, 8% e 10% ao experimento piloto (com percentual fixo de 45% de MF). A adição de cal e cimento às misturas ocasionou aumentos significativos nos valores de CBR quando comparados com os resultados obtidos para o solo puro e a mistura de solo (55%) e material fresado (45%). Os melhores resultados foram obtidos nas misturas realizadas com a adição de cimento, onde foram observados valores de CBR variando entre 92% a 201%, compatíveis com as especificações do DNIT para uso em camadas de base e sub-base de pavimentos rodoviários (DNIT- ES 140 e 142/10). Quanto à expansão, todos os valores obtidos ficaram dentro dos limites estabelecidos pelo DNIT para uso em sub-bases e bases de rodovias. Os valores de compressão simples, encontrados para as misturas de solo (55%) + MF (45%), solo+MF+cal e solo+MF+cimento, foram superiores aos valores recomendados pelo Departamento de Estradas de Rodagem do Texas para uso em sub-bases (0,35 MPa) e bases (0,7 MPa), mostrando a viabilidade das misturas para uso em pavimentação.

Palavras-chave: Material fresado, Reciclagem, Estabilização de Sub-bases e Bases, Pavimentos Rodoviários.

USE OF CUTTER MATERIAL FOR LAYER STABILIZED BASE APPLICATION AND SUB-BASES OF PAVED HIGHWAYS

Abstract

A worldwide concern to provide an environmentally friendly destination of waste generated from maintenance activities and road reparation has driven the adoption of techniques for the reuse of industrial waste at the construction worksite. This research aims to present a technically and economically viable alternative to the use of milling waste in layers of sub-base and / or base pavements, through the mixing of soil deposit, lime and cement. This study was divided into two stages: the evaluation of physical properties of the materials used and the evaluation of mechanical properties of mixed soil + MF, soil + MF + lime and soil + MF + cement. Based on a pilot experiment performed with mixtures of soil and milled material in the levels of 20%, 25%, 30%, 35%, 40% and 45%, we adopted the fixed percentage of 45% milled material for the addition of binding by presenting a CBR value equal to 25%, which met the specifications for use in DNIT layers of sub-base (DNIT-ES 139/10). Then, were added in the pilot experiment, lime to cement with contents to 2%, 4%, 6%, 8% and 10% (with fixed percentage of 45% of MF). The addition of lime and cement mixtures caused significant increases in CBR values when compared with the results obtained for the pure soil and soil mixture (55%) and milled material (45%). The best results were obtained in mixtures made with the addition of cement, which were observed CBR values ranging from 92% to 201% compatible with the specifications of DNIT for use in base layers and sub-base for road pavements (DNIT- ES 140 and 142/10). As for expansion, all values were within the limits set by DNIT for use in sub-bases and road bases. The values of compression found for mixtures of soil (55%) + MF (45%), soil +MF + lime and soil + MF + cement, were higher than recommended by the Department of Roads of Texas for use sub-bases (0.35 MPa) and bases (0.7 MPa), showing the viability of the mixtures for in use in paving.

Keywords: Milled material, Recycling, Stabilization of sub-bases and Bases, Paved highway

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO	01
1.1. Justificativa	02
1.2. Objetivos	03
1.2.1. Objetivo geral.....	03
1.2.2. Objetivos específicos	03
1.3. Organização do trabalho	03

CAPÍTULO 2

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	05
2.1. Pavimentos	05
2.1.1. Pavimento Flexível.....	05
2.2. Camadas de base e sub-base de pavimento	08
2.2.1. Ensaio do Índice de Suporte Califórnia (California Bearing Ratio – CBR)	11
2.2.1.1. Medidas de expansão do ensaio de CBR	14
2.2.2. Utilização de resíduos em camadas de base e sub-base.....	14
2.3. Fresagem	16
2.3.1. Fresagem de pavimentos asfálticos	17
2.3.1.1. Tipos de Fresagens	20
2.4. Reciclagem de pavimentos	21
2.4.1. Reciclagem a frio	23
2.4.2. Reciclagem a frio in-situ	23
2.4.3. Reciclagem a quente	24
2.4.4. Reciclagem a quente in-situ	24
2.4.5. Reciclagem de camadas do pavimento.....	25
2.4.6. Granulometria do material fresado para fins de reciclagem	25
2.5. Estabilização de solos	29

2.5.1. Tipos de estabilização.....	30
2.5.1.1. Estabilização Mecânica.....	30
2.5.1.2. Estabilização Granulométrica.....	30
2.5.1.3. Estabilização Química.....	32
2.5.1.3.1 Estabilização Solo-cimento	32
2.5.1.3.2 Estabilização Solo-cal.....	35
2.6. Considerações finais a cerca da fundamentação teórica	37
CAPÍTULO 3	
3. MATERIAIS E MÉTODOS	38
3.1. Materiais	38
3.1.1. Cimento	39
3.1.2. Cal	39
3.1.3. Solo	39
3.1.4. Material fresado	39
3.2. Métodos	40
3.2.1. Avaliação das propriedades físicas.....	40
3.2.1.1. Análise granulométrica.....	42
3.2.1.2. Determinação da Massa Específica	42
3.2.1.3. Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade.....	42
3.2.1.4. Porcentagem de Betume	42
3.2.2. Avaliação das propriedades mecânicas.....	43
3.2.2.1. Experimento piloto	44
3.2.2.2. Adição de aglomerantes à mistura	44
3.2.2.3. Ensaio de compactação	45
3.2.2.4. Ensaio CBR(Índice de Suporte Califórnia).....	47
3.2.2.5. Ensaio de resistência à compressão simples	48

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	51
4.1. Propriedades físicas	51
4.1.1. Composição granulométrica do solo.....	51
4.1.2. Composição granulométrica do material fresado.....	52
4.1.3. Massa específica real dos materiais utilizados na pesquisa.....	55
4.1.4. Índices de consistência do solo.....	56
4.1.5. Determinação do teor de betume.....	57
4.2. Propriedades mecânicas	57
4.2.1. Experimento piloto.....	57
4.2.2. Ensaio de compactação para as misturas.....	61
4.2.3. Ensaio de CBR para as misturas.....	63
4.2.4. Ensaio de resistência à compressão Simples.....	67
4.2.4.1. Resistência à compressão simples do solo.....	67
4.2.4.2. Ensaio de resistência à compressão simples para as misturas.....	68
4.3. Estudo econômico	71

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES	73
5.1. Conclusões	73
5.2. Sugestões para trabalhos futuros	74

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
---	----

ANEXO A – Ensaio de CBR e expansão	80
---	----

ANEXO B – Ensaio de compressão simples	116
---	-----

ANEXO C – Fichas de composição de custo unitário	128
---	-----

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Camadas do pavimento flexível	06
Figura 2.2 – Cargas no pavimento flexível	08
Figura 2.3 – Ensaio CBR; (a) compactação do corpo-de-prova; (b) imersão dos corpos-de-prova em água para medição de expansão axial e (c) ensaio penetrométrico	13
Figura 2.4 – Curva característica do ensaio de CBR.....	13
Figura 2.5 – Serviço de fresagem a frio	18
Figura 2.6 – Superfície da fresagem a frio	18
Figura 2.7 – Dispositivo de reciclagem in situ	24
Figura 2.8 – Superfície de uma placa fresada.....	26
Figura 2.9 – Curvas Granulométricas do material fresado a velocidade de 3 m/min.	27
Figura 2.10 - Curvas Granulométricas do material fresado a velocidade de 5 m/min.	27
Figura 2.11 - Curvas Granulométricas do material fresado a velocidade de 10 m/min.	28
Figura 2.12 – Tipos de mistura solo-agregado.....	31
Figura 3.1 – Cimento utilizado na pesquisa	38
Figura 3.2 - Cal hidratada utilizada na pesquisa	38
Figura 3.3 – Solo utilizado na pesquisa	38
Figura 3.4 – Material fresado utilizado na pesquisa	38
Figura 3.5 – Mapa da situação da BR 101/Lote 05	40
Figura 3.6 – Aparelho extrator de betume.....	43
Figura 3.7 – Mistura do solo, material fresado e aglomerante.....	45
Figura 3.8 –(a) Molde e soquete do ensaio de compactação e (b) pesagem do solo para obtenção da umidade de moldagem.....	46
Figura 3.9 – (a) Prensa manual do ensaio de CBR e (b) extensômetro e molde – equipamento utilizado para a realização dos ensaios de expansão.....	47
Figura 3.10 – (a) Molde e soquete padrão, (b) corpos-de-prova na câmara úmida e (c) prensa manual simples utilizada para a realização dos ensaios de compressão simples	50

Figura 4.1 – Gráfico da distribuição granulométrica do solo.....	51
Figura 4.2 - Gráfico da distribuição granulométrica do material fresado.....	53
Figura 4.3 – Curvas granulométricas do Material Fresado e Faixa “C” (DNIT).....	55
Figura 4.4 – Gráfico do limite de liquidez	56
Figura 4.5 – Curva de compactação para o solo.....	58
Figura 4.6 – Efeito da adição do material fresado nos valores CBR.....	60
Figura 4.7 – Curvas de compactação para as misturas solo-MF-cal.....	61
Figura 4.8 - Curvas de compactação para as misturas solo-MF-cimento	62
Figura 4.9 – Efeito da adição de cal à mistura nos valores de CBR	64
Figura 4.10- Efeito da adição de cimento à mistura nos valores de CBR.....	64
Figura 4.11- Efeito do teor de cal nos valores da resistência à compressão simples	68
Figura 4.12- Efeito do teor de cimento nos valores da resistência à compressão simples	69

LISTA DE FLUXOGRAMAS

Fluxograma 1 - Sequência de atividades utilizadas para avaliar as propriedades físicas dos materiais utilizados na pesquisa	41
Fluxograma 2 - Sequência de atividades utilizadas para avaliar as propriedades mecânicas do solo e das misturas de materiais utilizados na pesquisa	43
Fluxograma 3 - Sequência adotada para realização do ensaio de compactação	46
Fluxograma 4 - Sequência adotada para a execução do ensaio de CBR.....	48
Fluxograma 5 - Sequência de atividades adotada para a realização do ensaio de compressão simples	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Parâmetros de norma para materiais de base.....	10
Tabela 2.2 – Parâmetros de norma para materiais de sub-base.....	11
Tabela 3.1 – Normas utilizadas para caracterização física das amostras de solo	41
Tabela 3.2 – Normas utilizadas para caracterização física de material fresado	41
Tabela 3.3 – Valores de referência para sub-base estabilizadas granulometricamente ..	44
Tabela 4.1 – Diâmetro efetivo do solo	52
Tabela 4.2 – Diâmetro efetivo do material fresado	53
Tabela 4.3 – Comparação da granulometria do material fresado com as faixas “B e C” - DNIT	54
Tabela 4.4 – Massa específica real dos materiais utilizados na pesquisa	56
Tabela 4.5 – Limites de consistência do solo.....	56
Tabela 4.6 – Resultados obtidos no ensaio de compactação para o solo	58
Tabela 4.7 – Resultados obtidos dos ensaios de CBR variando a percentagem de material fresado.....	59
Tabela 4.8 – Resultados do ensaio de compactação para a mistura solo-material fresado-cal.....	61
Tabela 4.9 – Resultados do ensaio de compactação para a mistura solo-material fresado-cimento.....	62
Tabela 4.10 – Valores de referência para solos melhorados com cimento Portland	65
Tabela 4.11 – Resultados dos ensaios de CBR variando o teor de cal.....	65
Tabela 4.12 - Resultados dos ensaios de CBR variando o teor de cimento	66
Tabela 4.13 - Resultados dos ensaios de resistência à compressão do solo (sem mistura).....	67
Tabela 4.14 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão do solo+MF	68
Tabela 4.15 - Resultados dos ensaios de resistência à compressão simples variando o teor de cal.....	70

Tabela 4.16 - Resultados dos ensaios de resistência à compressão simples variando o teor de cimento	71
Tabela 4.17 - Comparação de preços para execução de sub-bases.....	72
Tabela 4.18 - Comparação de preços para execução de bases	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

AASHTO - American Association of State Highway and Transportation Officials.

CFP- Material fresado com incorporação de cimento e pó de pedra

CBR - California Bearing Ratio.

CCR – Concreto compactado a rolo.

DPC - Dynamic Cone Penetrometer (Cone de Penetração Dinâmica)

CNT – Confederação Nacional do Transporte

CP – Cimento portland

DER - Departamento de Estradas de Rodagem

DNIT - Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes

FWD - Falling Weight Deflectometer.

LL – Limite de liquidez

LP – Limite de plasticidade

MF – Material fresado

NBR - Norma Brasileira Registrada

RCD - Resíduos de demolição e construção

SICRO - Sistema de custo rodoviário

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

Nos dias atuais observa-se a preocupação mundial com o meio ambiente e com os impactos causados pelas atividades do homem, principalmente os que se referem a processos industriais utilizados na manutenção e restauração rodoviária, geradores de uma grande quantidade de resíduos que, em sua maioria, não possuem um destino final ambientalmente adequado.

A fresagem de pavimentos asfálticos é, nos dias atuais, uma das técnicas constantemente aplicadas no processo de manutenção e restauração do sistema rodoviário como parte do processo de restauração de pavimentos deteriorados, em especial com o objetivo de solucionar problemas frequentemente encontrados, como a elevação do *greide* das estradas, além de atenuar a propagação de trincas e evitar o alteamento dos dispositivos de drenagem, etc. (BONFIN, 2007).

Vale à pena observar que o sistema de transporte brasileiro define-se basicamente por uma extensa matriz rodoviária, com aproximadamente 212.000 km de rodovias pavimentadas, sendo também servido por um sistema limitado de transporte fluvial (apesar do numeroso sistema de bacias hidrográficas presentes no país), ferroviário e aéreo. De acordo com a pesquisa da Confederação Nacional do Transporte (CNT) publicada em 2010 a malha rodoviária brasileira foi avaliada com 41,2% das estradas em condições ótimas ou boas e com 58,8% em condições regulares, ruins ou péssimas em seu estado geral. Tal resultado evidencia a necessidade dos serviços de manutenção ou restauração rodoviária.

A crescente cobrança na preservação dos recursos naturais, principalmente quanto aos impactos ambientais decorrentes das obras de engenharia, faz com que novas soluções sejam incorporadas aos projetos elaborados de forma a evitar danos ao meio ambiente. Uma das alternativas utilizadas para equacionar estes danos é o reuso de subprodutos resultantes de trabalhos de beneficiação e reforço de pavimentos flexíveis como matéria prima na execução de novos serviços.

A dificuldade em encontrar jazidas com materiais de boa qualidade para a execução das camadas de base e sub-base em rodovias, principalmente quando se trata de materiais que não atendem as especificações para estabilização granulométrica de camadas do

pavimento, pode ser solucionada através da mistura de solos ou de novos materiais à camada do pavimento. Verifica-se que a incorporação de material fresado ao solo utilizado nas camadas estruturais do pavimento pode melhorar a qualidade da mistura.

No Projeto Executivo para Adequação de Capacidade e Restauração da BR-101 - Lote 05 e na implantação das vias vicinais do perímetro urbano da Cidade de Alhandra/PB, optou-se em utilizar o material fresado misturado ao solo de jazida para a execução de uma camada de sub-base estabilizada granulometricamente. Esta solução possibilita mitigar o impacto ambiental e melhorar as características do material a ser empregado na rodovia.

Portanto, a utilização da mistura do material fresado com solo de jazida para a estabilização em pavimentos rodoviários apresenta-se como uma das possíveis alternativas para o emprego dos resíduos gerados nas atividades de manutenção e restauração de rodovias.

1.1. Justificativa

A preocupação mundial em proporcionar um destino ecologicamente correto aos resíduos gerados pelas atividades de manutenção e restauração rodoviária levou as obras de engenharia à adoção de técnicas de reuso de materiais visando mitigar os impactos ambientais a partir da reutilização dos subprodutos gerados nas intervenções em rodoviárias. A fresagem de pavimentos flexíveis destaca-se dentre as atividades que produzem a maior quantidade de resíduos poluentes nas obras de manutenção e restauração de rodovias. Na composição do material fresado destaca-se o CAP (Concreto Asfáltico de Petróleo) e o material pétreo, utilizados na camada de revestimento do pavimento.

Dessa forma, o reaproveitamento dos resíduos provenientes das atividades de manutenção e restauração do sistema rodoviário permite a conservação do meio ambiente, tanto para os dias atuais e como para as gerações futuras.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é avaliar a utilização do material fresado oriundo das atividades de manutenção e restauração de pavimentos flexíveis por fresagem, obtido na BR 101-Lote 05, para aplicação em camadas de bases e/ou sub-bases de pavimentos rodoviários.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Avaliar as propriedades físicas dos materiais utilizados na pesquisa: material fresado, solo de jazida, cimento e cal;
- Avaliar as propriedades mecânicas do solo de jazida e das misturas com material fresado para uso em sub-bases e bases de pavimentos rodoviários;
- Verificar a viabilidade financeira da aplicação de misturas com material fresado, solo e aglomerantes (cimento e cal) em relação a alternativas usuais utilizadas para execução de bases e sub-bases para solos de baixa capacidade de suporte;
- Sugerir uma destinação final ambientalmente adequada para a utilização do material fresado proveniente das atividades de manutenção e restauração rodoviárias.

1.3. Organização do trabalho

O texto desta dissertação encontra-se em um volume distribuído da seguinte forma:

O Capítulo 1 apresenta uma visão geral do trabalho com a introdução, os objetivos a serem alcançados e a forma de organização do trabalho.

O Capítulo 2 constrói a Fundamentação Teórica e nele são discutidos e descritos assuntos relacionados à: pavimentos, camadas de base e sub-base de pavimentação, fresagem, reciclagem de pavimentos e, por fim, estabilização de solos para uso em pavimentação.

No Capítulo 3, intitulado de Materiais e Métodos, são relatados aspectos considerados importantes sobre os procedimentos dos ensaios e o método da pesquisa.

O Capítulo 4 faz a apresentação e análise dos resultados obtidos durante a fase experimental.

No Capítulo 5 encontram-se as conclusões do trabalho e as sugestões para futuras pesquisas sobre o tema estudado.

Por fim, estão incluídas as referências bibliográficas e os anexos, onde foram inseridas as referências citadas para a realização do trabalho, as planilhas e os gráficos resultantes dos ensaios realizados.

CAPÍTULO 2

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Pavimentos

De acordo com a NBR 7207/82 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), o pavimento é uma estrutura construída após a terraplenagem e destinada economicamente e simultaneamente em seu conjunto a: resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego; melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança; e resistir aos esforços horizontais que nele atuam tornando mais durável a superfície de rolamento.

De uma forma geral, os pavimentos podem ser classificados em rígidos e flexíveis (SENÇO, 1997). Os pavimentos flexíveis, em geral associados aos pavimentos asfálticos, são compostos por camada superficial asfáltica (revestimento), apoiada sobre camadas de base, de sub-base e de reforço do subleito, constituídas por materiais granulares, solos ou misturas. Os pavimentos rígidos, em geral associados aos de concreto de cimento portland, são compostos por uma camada superficial de concreto de cimento portland (em geral placas, armadas ou não), apoiada geralmente sobre uma camada de material granular ou de material estabilizado com cimento (chamada sub-base), assentada sobre o subleito ou sobre um reforço do subleito quando necessário.

2.1.1 - Pavimento flexível

Segundo a NBR 7207/82 da ABNT os pavimentos flexíveis são constituídos por camadas que não trabalham a tração, exceção feita ao revestimento que pode ou não suportar esse tipo de esforço. Normalmente são constituídos de revestimento betuminoso delgado sobre camadas puramente granulares. A capacidade de suporte é função das características de distribuição de cargas por um sistema de camadas superpostas, onde as mais resistentes encontram-se na parte superior da estrutura.

Os pavimentos flexíveis são formados por quatro camadas principais. São elas: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito (Figura 2.1) (SENÇO, 1997).

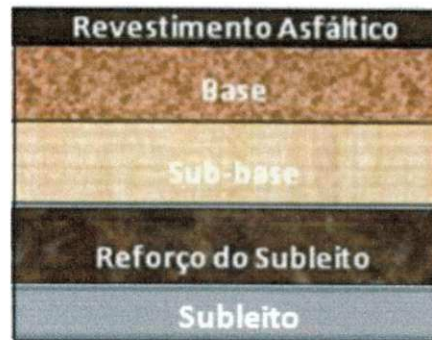


Figura 2.1 - Camadas do pavimento flexível.

Subleito: É o terreno de fundação das camadas do pavimento.

Reforço do subleito: É a camada de espessura constante transversalmente e variável longitudinalmente, de acordo com o dimensionamento do pavimento, fazendo parte integrante deste e que, por circunstâncias técnico econômicas, será executada sobre o subleito regularizado. Serve para melhorar as qualidades do subleito e regularizar a espessura da sub-base.

Sub-base: É a camada complementar à base. Deve ser usada quando não for aconselhável executar a base diretamente sobre o leito regularizado ou sobre o reforço, por circunstâncias técnico-econômicas.

Segundo Senço (1997), o material constituinte da sub-base deverá ter características tecnológicas superiores ao material de reforço do subleito. O material de base, por sua vez, deverá ter melhor qualidade que o material da sub-base.

Base: Camada destinada a resistir e distribuir ao sub-leito, os esforços oriundos do tráfego e sobre a qual se construirá o revestimento;

O pavimento pode ser considerado composto de base e revestimento, sendo que a base poderá ou não ser complementada pela sub-base e pelo reforço do subleito (SENÇO,1997).

Revestimento: É a camada de menor espessura do pavimento, composta por uma mistura constituída basicamente de agregados e ligantes asfálticos, localizada na parte superior do pavimento.

O Concreto Betuminoso a Usinado a Quente (CBUQ) pode ser considerado como a mistura mais comum utilizada para execução de revestimentos no país. Os materiais empregados em sua fabricação e os processos de controle exigidos para sua execução são fatores que contribuem para sua utilização. Trata-se de uma mistura de agregados minerais (naturais ou artificiais, britados ou em sua forma disponível), de material fino (pó de pedra, cimento portland, etc) e de cimento asfáltico de petróleo (CAP). Tem-se a homogeneização, a quente, desses materiais em uma usina misturadora (BALBO,2007).

De acordo com a NBR 7207/82 a camada de revestimento deve possuir as seguintes características:

- resistir diretamente às ações do tráfego e transmiti-las de forma atenuada às camadas inferiores;
- impermeabilizar o pavimento;
- melhorar as condições de segurança ao tráfego de veículos; e
- proporcionar conforto aos usuários da via.

Segundo Balbo (2007), o revestimento deve suportar à ação de cargas estáticas ou dinâmicas sem sofrer grandes deformações elásticas ou plásticas, perda de compactação ou desagregação de componentes. A camada de revestimento deve ser provida de materiais bem aglutinados de maneira a evitar sua movimentação horizontal.

Para melhor compreender as definições das camadas que compõem um pavimento, é preciso entender a distribuição dos esforços a que o pavimento é submetido (SENÇO,1997).

Observa-se na figura 2.2 a distribuição das pressões exercidas pelo tráfego nas camadas do pavimento, com a redução das tensões conforme o aumento da profundidade.

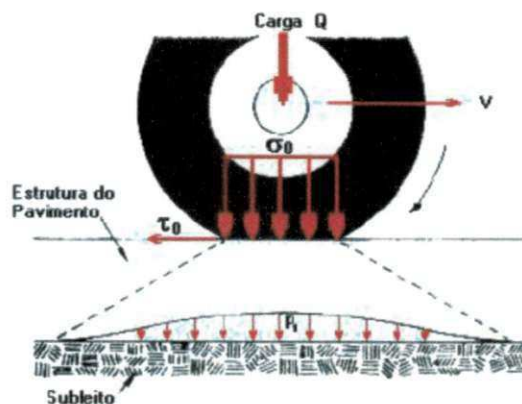


Figura 2.2 - Cargas no pavimento flexível (Fonte: SANTANA, 1993)

Considerando que as pressões decrescem com a profundidade, as camadas complementares da base, sub-base e o reforço devem obedecer tanto a condições, quanto a qualidade, também decrescentes. Ou seja, o material da base deve ser mais resistente que o material da sub-base, e a qualidade desta, superior à do reforço de subleito (SENÇO, 1997).

Os revestimentos das estruturas de pavimento, em geral, são submetidos a esforços de compressão e de tração devidos à flexão, ficando as demais camadas submetidas principalmente à compressão. Em certos casos, uma camada subjacente ao revestimento pode ser composta por materiais estabilizados quimicamente de modo a proporcionar coesão e aumentar sua rigidez, podendo resistir a esforços de tração. Embora possuam coesão, as camadas de solos finos apresentam baixa resistência à tração, diferentemente dos materiais estabilizados quimicamente (BERNUCCI *et al*, 2007).

Para dimensionar adequadamente uma estrutura de pavimento deve-se conhecer bem as propriedades dos materiais utilizados, sua resistência à ruptura, permeabilidade e deformabilidade, frente à repetição de carga e ao efeito do clima (SENÇO, 1997).

2.2 Camadas de base e sub-base de pavimento

A base e a sub-base de pavimentos são as camadas que absorvem a maior parcela de esforços provindos do tráfego de veículos, distribuindo as cargas de forma atenuada à camada de subleito (Figura 2.2). Por isso, possuem influência direta na qualidade e durabilidade dos pavimentos rodoviários. Frente a repetição de cargas e a

intensidade das solicitações a que são expostas, as camadas de base e sub-base exigem na sua composição materiais que apresentem boas características mecânicas, capazes de resistir à ação do tráfego sem apresentar deformações consideráveis que prejudiquem a utilização da rodovia.

Os materiais utilizados nas camadas estruturais do pavimento são usualmente constituídos por agregados, solos e, eventualmente, aditivos como cimento, cal, emulsão asfáltica, entre outros, podendo ser classificados segundo o seu comportamento frente aos esforços em: granulares e solos, estabilizados quimicamente ou cimentados e materiais asfálticos (BERNUCCI *et al*, 2007).

Para as camadas de base e sub-base constituídas com materiais granulares e solos, geralmente são utilizados os seguintes materiais:

- brita graduada simples (BGS) e brita corrida;
- macadame seco;
- misturas estabilizadas granulometricamente;
- solo-agregado;
- solo natural;
- solo melhorado com cimento ou cal; e
- materiais destinados à reciclagem, reutilizados como matéria prima (escória de alto forno, resíduos sólidos de construção civil e demolições, resíduos sólidos da fresagem de pavimentos flexíveis, etc.).

O Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes (DNIT), órgão responsável pela malha rodoviária federal, estabelece os parâmetros de aceitação para os materiais utilizados nas camadas de base e sub-base de pavimentos rodoviários. A tabela 2.1 apresenta os principais parâmetros para os materiais de base conforme as especificações de serviço do DNIT, ES-141/10 para base estabilizada granulometricamente e ES-142/10 para base de solo melhorado com cimento.

Tabela 2.1 – Parâmetros de norma para materiais de base.

Parâmetros da norma	Base estabilizada granulometricamente	Base de solo melhorado com cimento
ISC ou CBR (para $N \leq 5 \times 10^6$)	≥ 60	≥ 80
ISC ou CBR (para $N > 5 \times 10^6$)	≥ 80	≥ 80
Expansão (%)	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$
Limite de liquidez - LL (%)	≤ 25	≤ 25
LL para fração que passa na peneira n° 40 (%)	-	≤ 40
Equivalente de areia para $LL > 25$ (%)	≤ 30	-
Índice de plasticidade (IP)	≤ 6	≤ 6
IP para fração que passa na peneira n° 40 (%)	-	≤ 18
Desgaste a abrasão Los Angeles (%)	≤ 55	-
Composição granulométrica dentro de uma das faixas estabelecidas na própria norma	sim	sim
Fração retida na peneira n° 10, que deve ser constituída de partículas duras e isentas de substâncias prejudiciais	sim	sim

Fonte: DNIT - ES 141/10 e DNIT - ES142/10.

A tabela 2.2 apresenta os principais parâmetros para os materiais de sub-base conforme as especificações de serviço do DNIT, ES-139/10 para sub-base estabilizada granulometricamente e ES-140/10 para sub-base de solo melhorado com cimento.

Tabela 2.2 – Parâmetros de norma para materiais de sub-base.

Parâmetros da norma	Sub-base estabilizada granulometricamente	Sub-base de solo melhor -rado com cimento
Índice de grupo (IG)	0	0
ISC ou CBR	≥ 20	≥ 30
Expansão (%)	≤ 1	≤ 1
Fração retida na peneira nº 10, que deve ser constituída de partículas duras e isentas de substâncias prejudiciais.	sim	sim

Fonte: DNIT - ES 139/10 e DNIT - ES140/10.

2.2.1 Ensaio de California Bearing Ratio - CBR

O ensaio para a determinação do Índice de Suporte Califórnia foi concebido no final da década de 1920 para avaliar o potencial de ruptura do subleito, uma vez que era o defeito mais frequentemente observado nas rodovias do estado da Califórnia naquele período (PORTER, 1950). O ensaio foi concebido, portanto, para avaliar a resistência do material frente a deslocamentos significativos, sendo obtida por meio de ensaio penetrométrico em laboratório.

Foram selecionados os melhores materiais granulares de bases de pavimentos com bom desempenho à época da pesquisa de campo californiana e a média de resistência à penetração no ensaio CBR foi estabelecida como sendo o valor de referência ou padrão, equivalente a 100%. Todos os materiais foram referenciados por um valor em porcentagem, representando o quão melhor ou pior era a sua resistência no ensaio CBR por comparação com aqueles materiais granulares de referência, designados simplifcadamente de “material padrão” (BERNUCCI *et al*, 2007).

O CBR pode ser definido como a relação percentual entre a pressão necessária para fazer penetrar, de maneira padronizada, um pistão numa amostra de solo

convenientemente preparada e a pressão para fazer penetrar o mesmo pistão, à mesma profundidade, numa amostra padrão de pedra britada, ou material equivalente, exigindo a pressão de 1.000 psi para a penetração de 0,1" ou 1.500 psi para penetração de 2" (SENÇO,1997).

Segundo Bernucci *et al* (2007), a resistência no ensaio CBR é uma resposta que combina indiretamente a coesão com o ângulo de atrito do material avaliado.

A norma brasileira DNIT-ME 049/94, do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, apresenta os procedimentos para a execução do ensaio de CBR.

Parâmetros Iniciais: determina-se, a partir de ensaios em laboratório, a massa específica aparente máxima e a umidade ótima de compactação do material em estudo, observada a energia de compactação fixada para o ensaio;

Moldagem do Corpo de Prova: solo ou material passado na peneira ¾", compactado na massa específica e umidade de projeto, em um molde cilíndrico de 150mm de diâmetro e 125mm de altura, provido de um anel complementar de extensão com 50mm de altura – Figura 2.3 (a);

Imersão do Corpo de Prova: o conjunto cilindro e amostra compactada, são totalmente imersos em água por um período de quatro dias, onde são realizadas medidas de expansão – Figura 2.3 (b);

Penetração do Corpo de Prova: A penetração do corpo de prova é feita através do puncionamento na face superior da amostra por um pistão com aproximadamente 50mm de diâmetro, sob uma velocidade de penetração de 1,25mm/min. Anotam-se, ou registram-se no caso de equipamento automatizado, as pressões do pistão e os deslocamentos correspondentes, de forma a possibilitar a plotagem de uma curva pressão-penetração, na qual se definem os valores de pressão correspondentes a 2,54mm ($P_{0,1'}$) e 5,08mm ($P_{0,2'}$) – figura 2.3 (c).

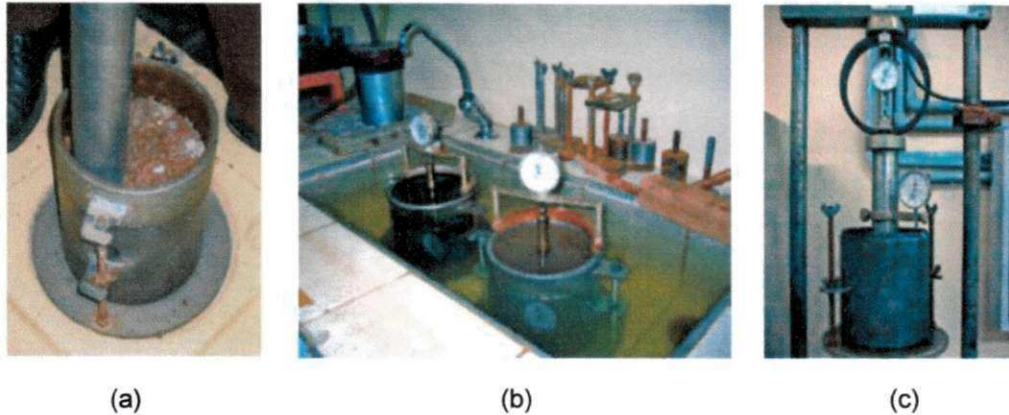


Figura 2.3 – (a) Compactação do corpo-de-prova; (b) Imersão dos corpos-de-prova em água para medição de expansão axial e (c) Ensaio penetrométrico (Fonte: BERNUCCI *et al*, 2007).

Segundo Bernucci *et al* (2007), as curvas de pressão-penetração resultantes dos ensaios devem possuir um primeiro trecho praticamente retilíneo, característico da fase elástica, seguido de um trecho curvo, característico da fase plástica.

Quando a curva resultante apresentar uma flexão inicial, deve-se corrigir essa inflexão trançando-se graficamente a tangente no ponto final da inflexão. Dessa maneira, altera-se a origem de contagem da penetração, obtendo-se novas posições, principalmente para penetrações de 0,10" e 0,20" (2,5 e 5,0 mm, respectivamente) (SENÇO, 1997).

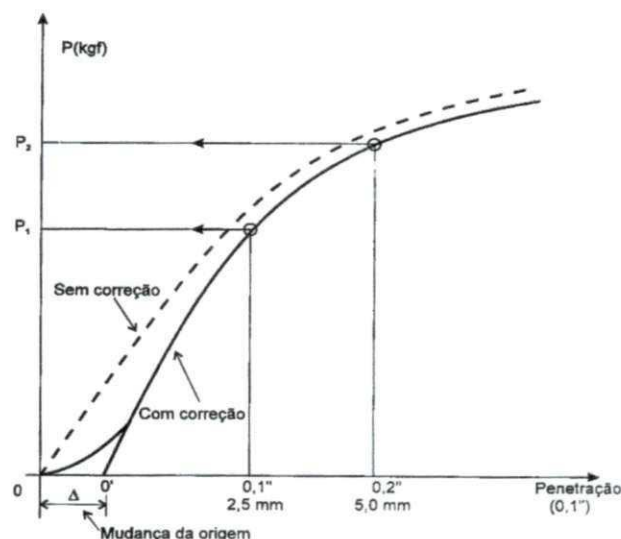


Figura 2.4 – Curva característica do ensaio de CBR (Fonte: SENÇO, 1997)

A figura 2.4 apresenta duas curvas, uma em linha cheia (com correção) e outra em linha pontilhada (sem correção).

2.2.1.1 Medidas de Expansão do Ensaio de CBR

Durante todo o período de imersão no ensaio de CBR, é empregada uma sobrecarga padrão de 10lbs sobre o corpo-de-prova, com objetivo de reproduzir a carga do pavimento sobre o subleito, compensando parte da expansão. As leituras são feitas por meio de um extensômetro, a cada 24 horas, calculando-se a expansão axial do material em relação à altura inicial do corpo de prova.

Apesar de não existir uma boa correlação entre os resultados de ensaios de CBR e expansão, sabe-se que há uma tendência de aumento de CBR com a diminuição da expansão axial. Por este motivo, a expansão é empregada como fator limitante no dimensionamento de pavimentos. Solos que apresentam valores significativos de expansão no ensaio de CBR sofrem deformações consideráveis ao serem solicitados (BERNUCCI *et al*, 2007).

2.2.2 Utilização de resíduos em camadas de base e sub-base

Com base na tecnologia existente, a utilização de resíduos da construção civil tem-se mostrado uma alternativa viável na execução de camadas do pavimento. Várias cidades do Brasil (São Paulo, Belo Horizonte, Ribeirão Preto, entre outras) e no exterior têm utilizado agregados reciclados na execução de pavimentos. Os resultados satisfatórios vêm demonstrando a boa adequação desse material para uso em pavimentos rodoviários (CARNEIRO *et al*, 2008)

As experiências realizadas em países desenvolvidos com o uso de agregado reciclado vêm consolidando sua aplicação nas construções de sub-base de estradas, nivelamentos de terrenos e drenagens (HANSEN, 1996). Países em desenvolvimento, como o Brasil, iniciaram recentemente suas experiências com a reciclagem desses resíduos na pavimentação de estradas (PINTO, 1998).

Batista (2009) realizou o estudo de caso na Estrada Nacional 226 (226 EN - Portugal), no trecho compreendido entre o quilômetro 14+000 ao 43+000, que possuía a

espessura original do pavimento com 8 cm de revestimento asfáltico e 20 cm de base granular. Seu trabalho avaliou a capacidade de carga através de ensaios "in situ" com deflectômetro de impacto em duas soluções adotadas para restauração da estrada existente. Na solução "A" optou-se por realizar um reforço do pavimento existente com a aplicação de uma camada de 5 cm de mistura betuminosa densa e outra camada de 4 cm de mistura betuminosa descontínua, com betume modificado com borracha (MBD-BMB). Na solução "B" optou-se por realizar uma reciclagem "in situ" numa profundidade de 20 cm, com a adição de 4% de cimento, sobre a qual se aplicou uma camada de microaglomerado betuminoso a frio com emulsão catiónica de ruptura lenta, seguida da aplicação de uma camada de 5 cm de mistura betuminosa densa e outra camada de 4 cm de MBD-BMB. Concluiu-se que a solução de reciclagem *in situ* com a incorporação de cimento conduziu a um pavimento com maior capacidade de carga do que se obteria com o reforço convencional do pavimento.

De acordo com BATISTA, (2009, p 92):

"Face aos resultados obtidos no caso de estudo, é pertinente afirmar que o recurso à reciclagem de pavimentos como técnica de reabilitação estrutural, particularmente a reciclagem *in situ* a frio com cimento, é viável, e deve ser tido em conta, ou pelo menos, deve ser encarado como uma hipótese possível em intervenções futuras de reabilitação de pavimentos que inicialmente se encontrem num estado de ruína generalizado. Deverá ser assim porque a referida técnica apresenta resultados mais favoráveis em termos de capacidade de carga do pavimento quando comparada com a técnica do reforço normal do pavimento, como analisado no caso de estudo."

Moreira *et al* (2006), em seu artigo, procuraram promover a utilização de material fresado com incorporação de pó de pedra e cimento (FPC) nas camadas estruturais de pavimentos flexíveis. Os resultados laboratoriais realizados com a mistura de FPC, permitiram concluir que: uma camada de sub-base de pavimento flexível executada com FPC pode resultar numa camada de elevada resistência; o aumento de resistência da camada de sub-base constituída por FPC pode refletir na redução da espessura das camadas restantes do pavimento, reduzindo o consumo de novos agregados e ligantes betuminosos. Os autores concluíram que esta técnica é econômica e ambientalmente justificada, pois apresenta uma solução para a reutilização de um subproduto da construção, reduzindo a necessidade de utilizar novos agregados.

Ricci (2007) analisou em seu trabalho as propriedades mecânicas básicas do concreto compactado a rolo (CCR) para pavimentos. Sua pesquisa procurou avaliar concretos confeccionados com agregados reciclados de resíduos de demolição e construção (RCD), comparando-os com concretos elaboradas com agregados naturais britados (pedra granítica). Os estudos envolveram a adição de cimento portland (CPIII-40) nos teores de 90 kg, 110 kg e 130 kg (kg/m^3 de concreto) em concretos confeccionados com agregados britados e a adição nos teores de 110 kg, 130 kg e 150 kg (kg/m^3 de concreto) em concretos confeccionados com RCD (utilizando três tipos de agregado reciclado). Os corpos de prova foram submetidos aos ensaios de resistência à compressão simples, resistência à tração na flexão, módulo de elasticidade, massa específica (material compactado), porosidade e absorção. Os resultados obtidos mostraram que a resistência à compressão e à tração na flexão dos CCR utilizando um incremento de cimento em torno de 9% e agregados reciclados (100% agregado graúdo e 50% de pedrisco reciclados) foram o bastante para proporcionar resistências próximas aos resultados encontradas nos concretos com agregados naturais britados. A porosidade e a absorção aumentaram de forma consistente, proporcionalmente à quantidade de agregado reciclado adicionado à mistura. Houve a redução nos valores de módulo de elasticidade das misturas de CCR com agregados naturais em relação as que utilizaram agregados reciclados. O autor relatou que a aplicação dos CCR com agregados reciclados de RCD seria vantajosa na execução de pavimentos e pisos em que não fossem prioritárias as cargas repetitivas, que ter-se-ia o módulo de elasticidade inferior combinado com a elevada resistência à tração na flexão.

Os estudos realizados com a incorporação de resíduos em camadas de base e sub-base de pavimentos apresentam resultados satisfatórios. Enquadram-se nessa categoria os resíduos de fresagem, corroborando assim a viabilidade técnica da utilização destes materiais após o processo de reciclagem dos pavimentos.

2.3 Fresagem

O termo fresagem remonta à técnica de desbaste ou corte de metais, ou outras peças, por intermédio de uma engrenagem motora constituída de um cortador giratório de ângulos diversos ou várias fresas, em movimento giratório contínuo (BONFIM, 2007).

2.3.1 Fresagem de pavimentos com revestimentos asfálticos

A fresagem de pavimentos pode ser conceituada como sendo o corte ou desbaste de uma ou mais camadas do pavimento, com espessuras pré-determinada, por meio de processo mecânico realizado a quente ou a frio, empregado como intervenção visando a restauração de pavimentos (BONFIM, 2007).

Conforme Senço (1997), a sucessão de recapeamentos acabam acarretando uma série de inconvenientes aos usuários da via devido ao aumento de espessura da camada de rolamento, gerando assim: formação de degraus entre a pista de rolamento e o acostamento; sobrecargas nas obras de arte especiais; redução da altura livre em túneis, etc. A solução para evitar esses inconvenientes consiste em cortar a capa antiga e compor uma nova capa, ocupando o mesmo espaço físico da anterior.

A fresagem destaca-se como a principal técnica de remoção de revestimentos antigos de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), utilizada na manutenção rodoviárias com pavimento flexível. A fresagem serve para reciclagem ou regularização da superfície de rolamento devolvendo-lhe as condições de conforto e segurança necessárias ao tráfego de veículos (RODRIGUES *et al*, 2008).

Segundo Bonfim (2007), a fresagem direcionada à restauração de pavimentos originou dois tipos de equipamentos e processos específicos para tal: o processo a frio, que efetua o desbaste da estrutura por meio simples abrasivo, e processo a quente, que utiliza o pré-aquecimento da estrutura para facilitar o “desbaste” da mesma.

A fresagem a frio consiste no corte ou desbaste de uma ou mais camadas do pavimento asfáltico por meio de processo mecânico a frio, realizado na temperatura ambiente, sem o pré-aquecimento do material (Figuras 2.5 e 2.6). É executado através de cortes por movimento rotativo contínuo, seguido da elevação do material fresado para caçamba do caminhão basculante (ET-DER-P00/038, 2006).



Figura 2.5 – Serviço de fresagem a frio (Fonte: BR-101 / Lote 05)



Figura 2.6 Superfície da fresagem a frio (Fonte: BR-101 / Lote 05)

A norma brasileira ES-P31/05, do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná DER/PR, apresenta os equipamentos e suas características para execução da fresagem a frio.

(a) Máquina fresadora:

- Para a execução do serviço da fresagem, deve ser utilizada máquina fresadora autopropulsionada, capaz de cortar camadas do pavimento na profundidade requerida pelo projeto, por movimento rotativo de tambor dotado de dentes ou através de tambor para microfresagem.
- A fresadora deve ter dispositivo de regulagem de espessura da camada do pavimento a ser removida, comando hidrostático e possibilidade de fresar a frio na largura necessária.
- A fresadora deve possuir dispositivo de elevação do material removido na pista para a caçamba de caminhões.
- Os dentes do tambor fresador devem ser cambiáveis e permitir que sejam extraídos e montados, através de procedimento simples e prático, visando o controle da largura do corte.

(b) Vassoura mecânica autopropulsionada, que disponha de caixa para recebimento do material, para promover a limpeza da superfície resultante da fresagem.

(c) Equipamento para aplicação de jato de ar comprimido para auxiliar na limpeza da superfície resultante da fresagem.

(d) Caminhão tanque para abastecimento de água do depósito da fresadora.

(e) Caminhão basculante para transporte do material fresado.

(f) Ferramentas manuais diversas.

Na fresagem a quente existe o pré-aquecimento do revestimento, seguido da remoção da camada por processo mecânico. Com a estrutura do revestimento aquecido, o desbaste da camada pode ser comparado a uma escarificação, pois o revestimento a ser removido oferece pouca resistência ao corte devido a seu pré-aquecimento, proporcionando a extração do material fresado com pouco fracionamento dos agregados, evitando alterações significativas na granulometria do material (BONFIM,2007).

2.3.1.1 Tipos de fresagens

O corte ou desgaste de uma espessura do pavimento com objetivo de restaurar sua funcionalidade pode ser classificado através dos seguintes tipos: fresagem fina, fresagem de pequeno porte, fresagem de médio porte e fresagem de grande porte, conforme as peculiaridades do serviço que se deseja executar (FRESAR, 2011).

a) Fresagem Fina

Fresagem fina é o corte de uma espessura predeterminada do pavimento com objetivo restaurar sua funcionalidade conferindo uma melhor textura à superfície do pavimento, seja para aumentar sua resistência a derrapagem, ressaltar sua aderência a uma nova camada sobrejacente ou corrigir as irregularidades longitudinais e transversais (FRESAR, 2011).

A fresagem fina confere ao pavimento um padrão de regularidade apurado no perfil transversal e longitudinal na sua superfície. Esse padrão só pode ser obtido com auxílio de sensores eletrônicos e do tambor com maior número de ferramentas de cortes.

Sua aplicação resulta no melhoramento do coeficiente de atrito através do aumento da macrotextura, a redução das regularidades longitudinais e transversais e numa maior aderência quando é aplicada uma nova camada de pavimento.

b) Fresagem de Pequeno Porte

Fresagem de pequeno porte é o processo de remoção seletiva de uma camada do revestimento de um pavimento realizado por equipamentos com potência de até 120HP e tambor de corte de 500 mm de largura. A FPP é indicada para fresagens localizadas onde a mobilidade e precisão das manobras é fator crítico para a execução dos serviços. Sua produtividade varia de 200 a 400 metros quadrados por dia em turnos de 10 horas (FRESAR, 2011).

c) Fresagem de Médio Porte

Fresagem de médio porte é o processo de remoção seletiva de uma camada do revestimento de um pavimento realizado por equipamentos com potência entre 180 e 250

HP e tambor de corte de 1 metro de largura. A FMP é indicada para fresagens contínuas e descontínuas de pavimentos asfálticos onde a mobilidade do equipamento e sua capacidade produtiva permitem produções que variam de 20 a 100 mil metros quadrados por mês (FRESAR, 2011).

d) Fresagem de Grande Porte

A fresagem de grande porte é o processo de remoção seletiva de uma camada de asfalto ou concreto realizado por equipamentos com potência superior a 450 HP, tambor de corte de 2 metros de largura e carregamento frontal. A FGP é solução ideal para serviços que necessitem de alta produtividade. Os Equipamentos de FGP podem produzir de 5000 a 8000 metros quadrados em um único turno de 10 horas (FRESAR, 2011).

2.4 Reciclagem de pavimentos

A reciclagem de pavimentos é uma técnica cujo objetivo fundamental é transformar um pavimento degradado numa estrutura homogênea e adaptada ao tráfego que deverá suportar. Consiste em reutilizar o pavimento desgastado na construção de uma nova camada, mediante a desagregação do mesmo numa certa profundidade, podendo ser incorporado à mistura: um aglomerante (cimento ou emulsão), a água para a hidratação e compactação, algum aditivo e, eventualmente, agregados para correção granulométrica e/ou aumento da resistência. A mistura homogênea destes materiais, espalha-se, compacta-se e deixa-se curar adequadamente, constituindo uma base ou uma camada estruturalmente resistente de um novo pavimento (FONSECA, 2009).

Segundo Fonseca (2009), a reciclagem de um pavimento tem como objetivos: melhorar as características e comportamento do pavimento às solicitações do tráfego de veículos; transformar um pavimento degradado e heterogêneo numa estrutura resistente e mais homogênea; aumentar a capacidade de suporte do pavimento, adaptando-a às solicitações do tráfego; aumentar a durabilidade do pavimento; reduzir a susceptibilidade do pavimento à água; aumentar a resistência do pavimento à erosão; e proteger o leito do pavimento e das camadas inferiores, cujas características são muitas vezes deficientes.

Segundo o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do (DNIT/06), a reciclagem dos pavimentos apresenta-se como uma solução para muitos problemas e oferece inúmeras vantagens em relação a utilização convencional de materiais virgens,

como a conservação de agregados, ligantes e de energia, a preservação do meio ambiente e a restauração das condições geométricas existentes do pista de rolamento.

Quando a avaliação estrutural de um pavimento indicar que a estrutura existente não está adequada ao tráfego atual e futuro, a primeira solução a ser levada em conta é o recapeamento. Porém, se o revestimento e as camadas subjacentes não estiverem adequadas para suportar uma camada asfáltica, o recapeamento deve ser descartado e a reciclagem deve ser avaliada como uma possível solução (BERNUCCI *et al*, 2007).

A reciclagem de pavimentos é uma técnica de reabilitação onde toda ou parte da camada do pavimento existente é reaproveitada na construção de uma nova camada, incorporando ou não novos materiais, permitindo assim obter um pavimento com características semelhantes ou superiores ao pavimento antigo (FONSECA, 2009).

Segundo Bernucci *et al* (2007), existem numerosas vantagens técnicas em se utilizar a fresagem e a reciclagem nos processos de recuperação de pavimentos degradados, além da questão ecológica de preservação de recursos minerais escassos. É importante destacar que a fresagem permite a reabilitação de pavimentos sem mudar sua altura, substituindo camadas ao invés de sobrepô-las.

De acordo com DNIT - Manual de restauração de pavimentos asfálticos, (2006, p 175):

"A reutilização dos agregados do pavimento degradado para os serviços de reconstrução, restauração e conservação propiciam uma diminuição da demanda de novos materiais e das respectivas distâncias de transporte, prolongando o tempo de exploração das ocorrências existentes. Isso é particularmente benéfico devido às restrições impostas pela legislação de proteção ao meio ambiente e pela crescente valorização dos sítios de ocorrências de jazidas."

A Associação de Reciclagem Asfáltica dos Estados Unidos (The Asphalt Recycling and Reclaiming Association-ARRA) define os tipos de reciclagem em cinco categorias distintas, de acordo com o tipo de execução (KANDHAL, 1997):

- Reciclagem a frio (Cold planning);
- Reciclagem a frio in-situ (Cold in-place recycling);
- Reciclagem a quente (Hot recycling);
- Reciclagem a quente "*in situ*" (Hot in-place recycling); e
- Reciclagem de camadas do pavimento (Full depth reclamation).

2.4.1 Reciclagem a frio

O processo de reciclagem a frio envolve a remoção de toda a estrutura do pavimento, ou parte dela, com redução do material a dimensões apropriadas para ser misturada a frio na construção de uma nova camada, onde poderão ser adicionados materiais betuminosos (emulsão asfáltica), agregados, agentes rejuvenescedores ou estabilizantes químicos. A mistura final poderá ser utilizada como camada de base, porém esta camada deverá ser revestida com um tratamento superficial ou uma mistura asfáltica antes de ser submetida à ação direta do tráfego (DNIT, 2006).

2.4.2 Reciclagem a frio in-situ

A reciclagem a frio *in-situ* reabilita o revestimento existente utilizando normalmente asfalto emulsionado sem ser aquecido para produzir uma nova camada asfáltica com características semelhantes a uma mistura de pré-misturada a frio (PMF). O processo consiste basicamente da extração de uma determinada profundidade do revestimento, adicionando-se emulsão asfáltica, aditivos, espalhando-a e compactando em seguida através de equipamentos apropriados. A espessura máxima alcançada com este tipo de reciclagem varia normalmente entre 75 a 100 mm.

Segundo Fonseca (2009), o processo de reciclagem *in situ* é composto essencialmente por três operações:

- *A exploração dos materiais granulares:* representa a fresagem até uma profundidade determinada para recuperar o material granular do pavimento existente, a ser reutilizado na construção da nova camada;
- *A mistura dos materiais:* representa a mistura, a frio, do material desagregado no próprio local, onde podem ser adicionados a água (hidratação ou pré-molhagem), os ligantes (emulsão betuminosa, espuma de betume, cimento ou cal) e os agregados para eventual correção da distribuição dos tamanhos das partículas; e
- *A compactação da mistura:* refere-se ao adensamento do material por compactação e o nivelamento para obtenção de uma nova camada do pavimento.

Existem diversos melhoramentos recentes dos equipamentos utilizados para o serviço de reciclagem a frio *in-situ*. As fresadoras modificadas ou especialmente projetadas estão disponíveis para processar o material removido numa única passada (DNIT, 2006).

A figura 2.7 apresenta o processo de reciclagem a frio *in-situ*, como pode ser observado, ele inclui o corte até o greide desejado, a fragmentação do antigo pavimento, e possibilita a adição e mistura de aditivos.

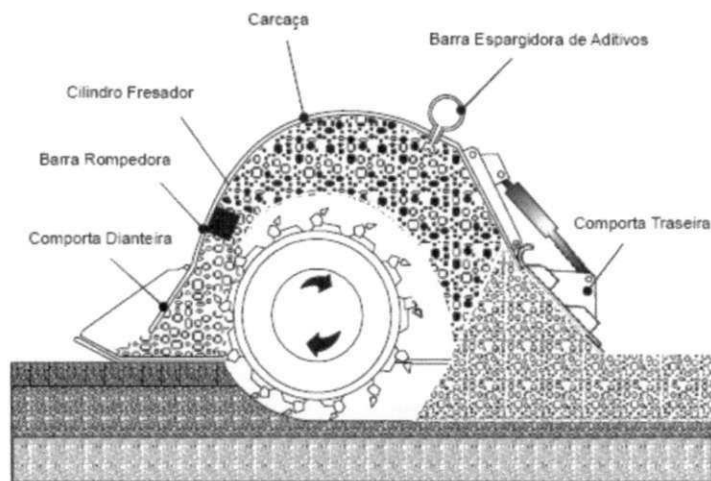


Figura 2.7 – Dispositivo de reciclagem *in situ* (Fonte: DNIT, 2006)

2.4.3 Reciclagem a quente

A reciclagem a quente de pavimentos é um processo em que parte ou toda a estrutura do pavimento é removida e reduzida a dimensões apropriadas para depois ser misturada a quente no próprio local (*in-situ*) ou em usina estacionária. O processo pode incluir a adição de novos agregados, cimento asfáltico e agente rejuvenescedor. O produto final deve atender às especificações de misturas asfálticas a quente destinadas às camadas de base, de ligação ou de rolamento (DNIT, 2006).

2.4.4 Reciclagem a quente "*in situ*"

Segundo DNIT (2006), este tipo de reciclagem é definido como um processo para correção de defeitos de superfície com o corte e fragmentação do antigo revestimento asfáltico, a mistura com agente rejuvenescedor, agregado virgem, material ou mistura

asfáltica, e a posterior distribuição da mistura reciclada sobre o pavimento, sem a remoção do material reciclado do local de origem. A reciclagem pode ser realizada tanto como uma operação de passagem única, que associa a mistura reciclada com o material virgem, quanto como uma operação de passagem dupla, onde a mistura reciclada é recompactada seguida da aplicação de uma nova camada de mistura asfáltica.

2.4.5 Reciclagem de camadas do pavimento

Esta técnica consiste na obtenção de uma nova camada de base ou sub-base estabilizada, através da adição de um novo material geralmente inserido no material fresado. Esses materiais podem ser: cal hidratada, cimento, agregados (miúdo e/ou graúdo), emulsões, agentes químicos (por exemplo, polímeros e fibras sintéticas), etc. Estes aditivos têm por finalidade dotar o pavimento velho de características físicas apropriadas a um pavimento novo (ARAÚJO *et al*, 2001).

Os tipos de reciclagem podem ser distinguidos pelo local de produção da mistura, temperatura que a mistura é produzida, pelas características do material a reciclar e pelo tipo de asfalto utilizado. Com os equipamentos disponíveis no mercado, as técnicas de reciclagem *in situ* apresentam vantagens sobre as técnicas de reciclagem em centrais. Dentre elas pode-se resaltar o menor custo (uma vez que não é necessário realizar o transporte do material para uma central), redução do consumo energético e o menor desgaste das estradas existentes (uma vez que não são necessários os transportes entre o material e a usina) (FONSECA, 2007).

2.4.6 Granulometria do material fresado para fins de reciclagem

O material proveniente da fresagem de revestimentos asfálticos possui propriedades nobres que possibilitam sua reutilização através do processo de reciclagem. Porém, um dos principais problemas encontrados nos projetos de reabilitação por reciclagem é a granulometria resultante da fresagem a frio, em função do aparecimento de grumos (BONFIM, 2007).

Na fresagem a frio do revestimento, ocorre a quebra de parte dos agregados provocando a alteração da curva granulométrica do material existente na pista. Já na fresagem a quente não ocorre alteração significativa da granulometria original do material,

pois a camada revestimento aquecida oferece pouca resistência à remoção do pavimento, propiciando assim a desagregação do mesmo (BONFIM, 2007).

A figura 2.8 mostra a fragmentação dos agregados graúdos na superfície de uma placa fresada.

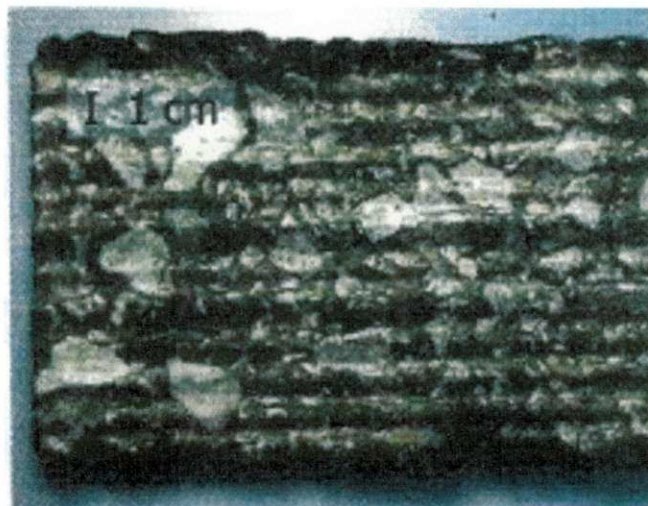


Figura 2.8 – Superfície de uma placa fresada (Fonte: BONFIM, 2007)

Na reciclagem a frio *in-situ*, que processa o material no próprio local, sem o uso de usina, devem ser adotados alguns procedimentos para controlar o tamanho dos grumos em dimensões aceitáveis ao novo traço do pavimento (BONFIM, 2007).

Nas figuras 2.9, 2.10 e 2.11 são apresentadas as curvas granulométricas originais do pavimento, do material fresado e do material fresado sem betume. As amostras foram coletadas do serviço de fresagem a frio utilizando uma fresadora modelo 2000VC (Fabricante Wirtegen), a uma espessura 5 cm de corte, variando apenas a velocidade de execução em 3, 6 e 10 m/min.

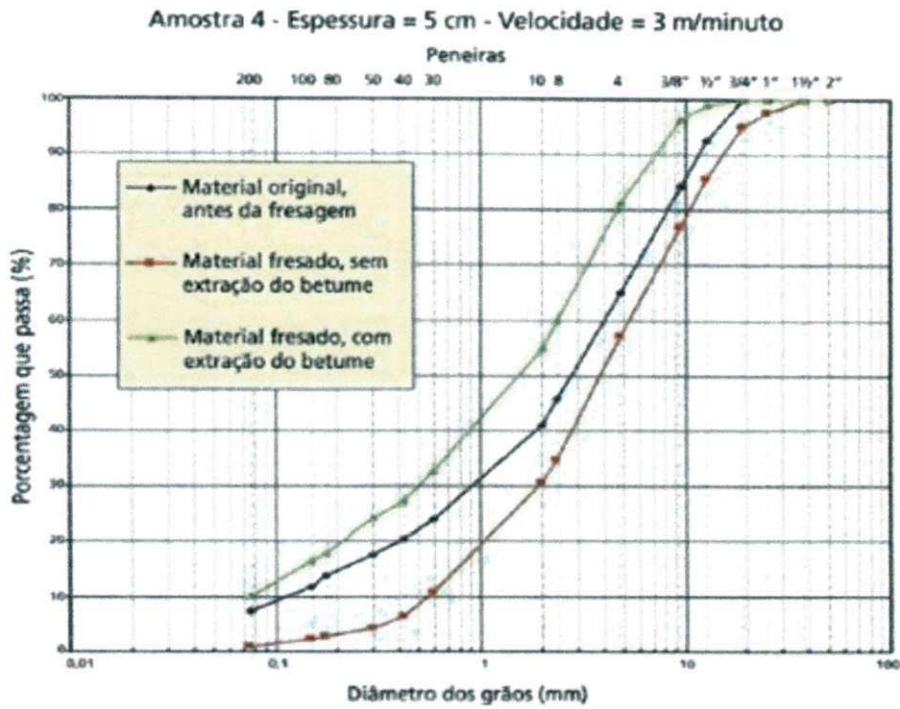


Figura 2.9 – Curvas granulométricas do materialfresado à velocidade de 3 m/min (Fonte: BONFIM, 2007)

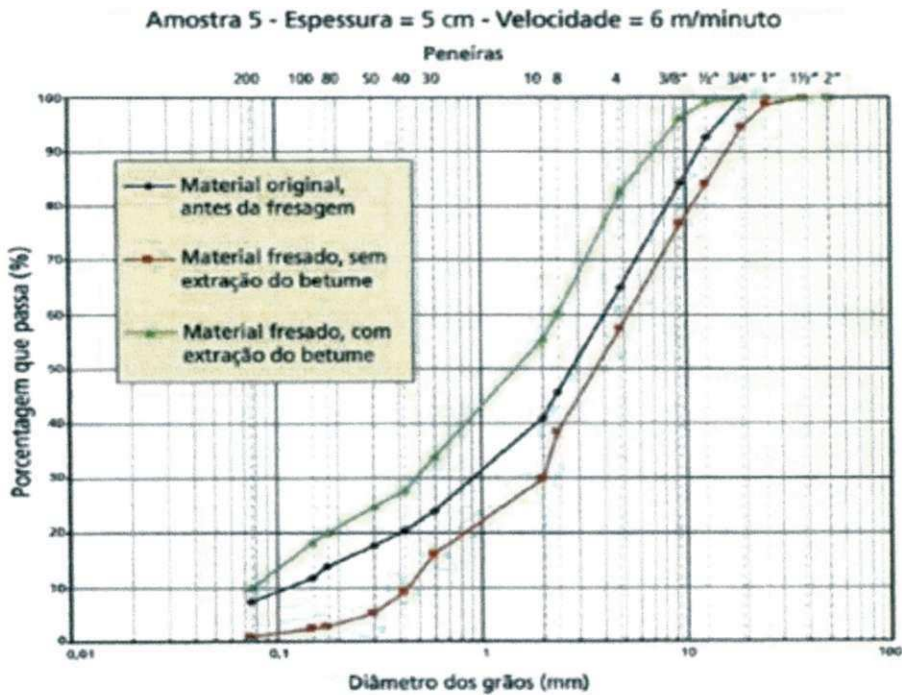


Figura 2.10 – Curvas granulométricas do materialfresado à velocidade de 5 m/min (Fonte: BONFIM, 2007)

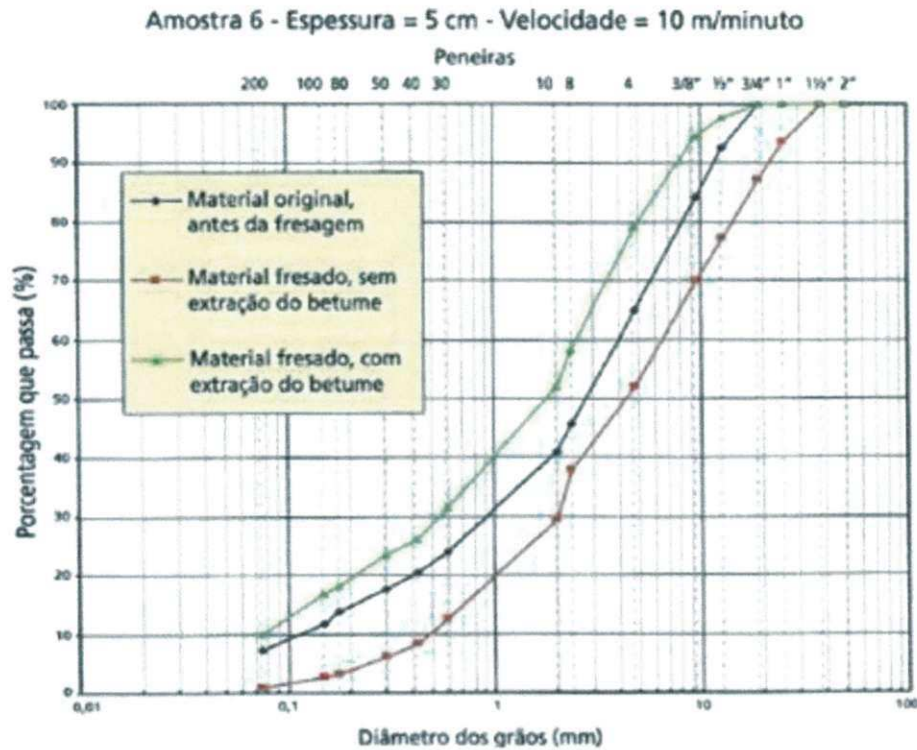


Figura 2.11 – Curvas granulométricas do material fresado à velocidade de 10 m/min (Fonte: BONFIM, 2007)

Observa-se nas figuras 2.9, 2.10 e 2.11 o deslocamento das curvas granulométricas em relação à granulometria original do pavimento, onde as curvas do material fresado, com a extração de betume, são deslocadas para cima, representando um aumento da quantidade de finos, enquanto as curvas do material fresado, sem a extração do betume, são deslocadas para baixo, representando a redução da quantidade de finos. Isto ocorre devido à fragmentação dos agregados durante o processo de fresagem a frio com a presença do ligante (material asfáltico) mantendo partículas de agregados aglomerados (grumos) (BONFIM, 2007).

De acordo com BONFIM, (2007, p 118):

“Os resultados das curvas analisadas com grumos plotadas em faixas granulométricas empregadas na pavimentação mostram que essas curvas, na maioria das vezes, extrapolaram os limites daquelas faixas nas duas extremidades, pela falta de finos observada por um lado e pelo acréscimo do tamanho dos grumos pelo outro, fato que se acentua com o aumento da velocidade de avanço da fresadora.”

Conforme os resultados dos ensaios de granulometria, constata-se que a fresagem a frio de revestimentos asfálticos altera a granulometria do material existente na pista. Quando o material fresado é analisado com a extração de betume, verifica-se a redução da fração grossa em relação à granulometria original do pavimento, devido ao fracionamento do agregado graúdo no processo de desbaste do revestimento. Quando o material fresado é analisado sem a extração de betume, observa-se o acréscimo da fração grossa à granulometria original do pavimento, ocasionado pela formação de grumos devido à ação do ligante (material asfáltico). Porém os grumos, possivelmente, não vão possuir a mesma resistência mecânica do agregado original do pavimento, pois podem ser fracionados durante o processo de mistura e compactação.

2.5 Estabilização de solos

Os solos são empregados nas mais diversas construções da Engenharia Civil. Em algumas casos e, dependendo da aplicação, os solos não podem ser empregados no mesmo estado em que são encontrados nas jazidas, principalmente quando estes não satisfazem as especificações técnicas para os serviços executados na obra, fazendo-se necessário recorrer à prática da estabilização. Para tanto, usam-se como aditivos os seguintes materiais convencionais: asfalto, cimento e cal.

Estabilizar um solo significa conferir-lhe a capacidade de resistir e suportar as cargas e os esforços induzidos pelo tráfego normalmente aplicados sobre o pavimento e também às ações erosivas de agentes naturais sob as condições mais adversas de solicitação consideradas no seu dimensionamento (MARQUES, 2009).

Do ponto de vista dos pavimentos de rodovias, denomina-se estabilização dos solos os métodos de construção nos quais os solos são tratados sem aditivos ou com eles, de modo que se tenham os subleitos, as sub-bases e bases, capazes de suportar, durante a sua vida útil, as cargas do tráfego normalmente aplicadas sobre o pavimento, sem deslocamentos apreciáveis, desgaste excessivos e desagregação devido as intempéries (BAPTISTA, 1976).

A estabilização de um solo envolve: as propriedades de resistência mecânica do mesmo e da suplementação necessária desta resistência para um determinado uso, em termos físicos, químicos, e mecânicos; a escolha de um método em bases econômicas e

práticas para o estudo dos materiais necessários à suplementação desejada; a construção, que consiste normalmente em pulverização, na mistura dos materiais, na compactação e nas considerações de ordem econômica com relação ao custo de cada material (CORDEIRO, 2007).

O domínio das técnicas de estabilização dos solos pode conduzir a sensíveis reduções nos tempos de execução de obras, viabilizando a industrialização do processo construtivo e, conseqüentemente, propiciando uma economia substancial para o empreendimento (LIMA, 1993).

2.5.1 Tipos de Estabilização

2.5.1.1 Estabilização Mecânica

Visa dar ao solo (ou mistura de solos) a ser usado como camada do pavimento uma condição de densificação máxima relacionada a uma energia de compactação e a uma umidade ótima. Também conhecida como estabilização por compactação. É um método que sempre é utilizado na execução das camadas do pavimento, sendo complementar a outros métodos de estabilização.

2.5.1.2 Estabilização Granulométrica

Consiste na alteração das propriedades dos solos através da adição ou retirada de partículas de solo. Este método consiste, basicamente, no emprego de um material ou na mistura de dois ou mais materiais, de modo a se enquadrarem dentro de uma determinada especificação.

Os solos arenosos são, de um modo geral, facilmente destruídos por ações abrasivas, quando analisados separadamente, devido a falta do "ligante". Já os solos argilosos, também analisados separadamente, são muito deformáveis, com baixa resistência ao cisalhamento, quando absorvem água. Na prática, é comum e necessário misturarmos estes dois tipos de solos, ou seja, solos com características granulares e solos com características coesivas, para obtermos uma mistura com propriedades ideais de resistência e trabalhabilidade (MARQUES, 2009).

Os projetos de mistura de solo e outros materiais são muito utilizados na execução de bases e sub-bases estabilizadas granulometricamente, em misturas betuminosas ou

quaisquer outras misturas que envolvam dois ou mais materiais de granulometrias diferentes (MARQUES, 2009).

Segundo Yoder e Witczak (1975), as misturas de solo-agregado podem ser subdivididas em três tipos distintos, dependendo da proporção relativa entre a parte graúda e a parte fina, conforme a figura 2.11.

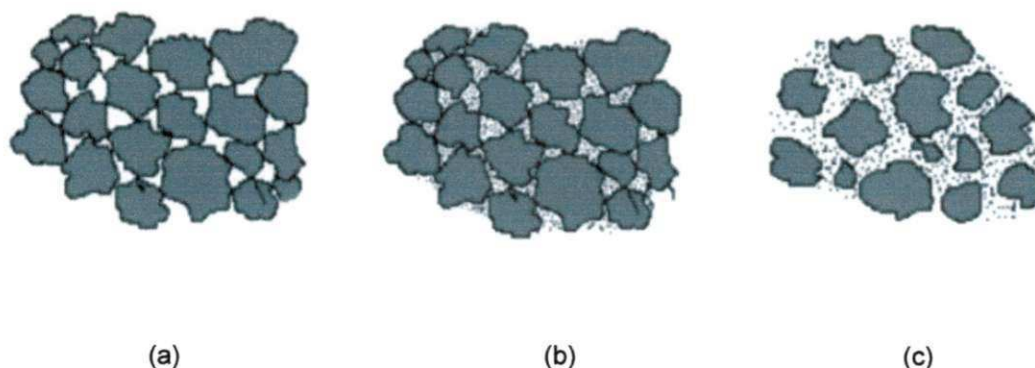


Figura 2.12 – Tipos de mistura solo-agregado (Fonte: YODER E WITCZAK, 1975)

Os itens (a), (b) e (c) descrevem as características e comparam os três tipos de misturas ilustrados na figura 2.12.

- (g) contato grão-grão: baixa densidade, permeável, não suscetível a mudanças com a umidade; compactação em geral difícil.

- (h) finos preenchem os vazios, proporcionando alta densidade, permeabilidade mais baixa que o do tipo (a), contato grão-grão, mais resistente em geral que o tipo (a), menor deformabilidade; moderadamente difícil de compactar.

- (i) matriz de finos, não se garante contato grão-grão devido ao excesso de finos; densidade mais baixa em geral que o tipo (b), permeabilidade inferior ao tipo (b), podendo ser mesmo impermeável, dependendo da natureza dos finos; a mistura é afetada por variações de umidade; facilidade na compactação.

Em linhas gerais, a distribuição das porções granulométricas de tamanhos diferentes é tal que os vazios dos grãos maiores são preenchidos pelos grãos médios, e os vazios desses, pelos miúdos.

Para bases e sub-bases de pavimentos, as especificações tradicionais preconizam o uso de materiais do tipo (a) e (b), onde o contato grão-grão seja garantido. Quando não existe solos de boa qualidade disponíveis para execução de rodovias de menor circulação, as misturas tipo (b) e (c) são usualmente empregadas (BERNUCCI *et al*, 2007).

2.5.1.3 Estabilização Química

Quando utilizada para solos granulares, visa, principalmente, melhorar sua resistência ao cisalhamento (causado pelo atrito produzido pelos contatos das superfícies das partículas) por meio de adição de pequenas quantidades de ligantes nos pontos de contato dos grãos. Os ligantes mais utilizados são o cimento portland, cal, pozolanas, materiais betuminosos, resinas, etc. Nos solos argilosos (coesivos) encontramos estruturas floculadas e dispersas que são mais sensíveis à presença de água, influenciando a resistência ao cisalhamento. É comum a adição de agentes químicos que provoquem a dispersão ou floculação das partículas ou uma substituição prévia de cátions inorgânicos por cátions orgânicos hidrorrepelentes seguida de uma adição de cimentos (MARQUES, 2009).

A melhoria proporcionada ao solo pelo processo de estabilização dependerá não só do material agregador, mas também do tipo de solo e das condições climáticas. Dentre as modificações conferidas à mistura com a estabilização, destacam-se:

- o aumento da resistência e, geralmente, o aumento da capacidade de suporte;
- a melhoria no grau de compactação;
- a redução dos índices de plasticidade com melhor trabalhabilidade;
- a redução da expansão e aumento do limite de contração; e
- o aumento na durabilidade e diminuição da permeabilidade.

2.5.1.3 .1 Estabilização Solo-Cimento

O processo de estabilização do solo com o cimento ocorre a partir do desenvolvimento das reações químicas que são geradas na hidratação do cimento (mistura do cimento com água). A partir daí, desenvolvem-se vínculos químicos entre as superfícies dos grãos do cimento e as partículas de solo que estão em contato com o mesmo. Nos

solos granulares desenvolvem-se vínculos de coesão nos pontos de contato entre os grãos (semelhante ao concreto, porém o ligante não preenche todos os espaços). Nos solos argilosos, a ação da cal gerada sobre a sílica e alumina do solo resulta o aparecimento de fortes pontos entre as partículas de solo (MARQUES, 2009).

Solo-cimento é o produto endurecido resultante da mistura íntima compactada de solo, cimento e água, em proporções estabelecidas através de dosagem racional, executada de acordo com as normas aplicáveis ao solo em estudo. No Brasil, o solo cimento passou a ser utilizado a partir de 1940 na área de pavimentação e, em 1948, já existia aplicação na construção de paredes de solo-cimento.

a) Tipos de Misturas de Solos Tratados com Cimento

- *Mistura de solo-cimento*

Produto obtido pela compactação e cura de uma mistura de solo, cimento e água, de modo a satisfazer a critérios de estabilidade e durabilidade exigidos.

- *Solo melhorado com cimento (modificado com cimento)*

Quando um solo mostrar-se economicamente inviável de ser estabilizado com cimento, ainda poderá ser utilizado para fins de pavimentação através da adição de pequenas quantidades de cimento (1 a 5%), que visam modificar algumas de suas propriedades físicas, por exemplo, diminuir o índice de plasticidade através do aumento do LP e da diminuição do LL ou diminuir as mudanças de volume e inchamento do solo.

- *Solo-cimento plástico*

Material endurecido formado pela cura de uma mistura de solo, cimento e água, em uma quantidade suficiente para produzir uma consistência de argamassa. A quantidade de água no solo-cimento é apenas para permitir uma boa compactação e completa hidratação do cimento. No solo-cimento plástico a quantidade de cimento é aproximadamente 4% a mais para satisfazer os critérios de durabilidade e estabilidade exigidos e também devido a maior quantidade de água necessária para deixar a mistura na consistência de argamassa.

b) Utilização de cimento na estabilização de camadas do pavimento

Santos (2010) avaliou em sua pesquisa o reaproveitamento de resíduos oleosos, juntamente com solo e agentes aglomerantes (cimento e cal), para estabilização/solidificação de camadas base e sub-base de pavimentos rodoviários. Foi realizada a caracterização física e química dos materiais e a caracterização mecânica das misturas solo-resíduo-cimento e solo-resíduo-cal, adotando o teor fixo de 17,5% de resíduo oleoso e as variações de 4,0%, 5,5%, 7,0%, 8,5% e 10% dos aglomerantes utilizados. Com os resultados obtidos, foi observado que a adição de cal e cimento às misturas ocasionou um aumento significativo nos valores de CBR. Todos os valores de CBR encontrados para os dois tipos de misturas estudadas estavam dentro dos padrões estabelecidos pelo DNIT para uso em sub-base de pavimentos rodoviários, porém os resultados dos ensaios de expansão foram satisfatórios apenas para as misturas com adição de cal.

Oliveira *et al* (2004), em seu artigo, acompanharam os trabalhos de reciclagem *in situ*, com a incorporação de brita e cimento, realizados em uma extensão de 21,9 quilômetros na Rodovia SP-351 (Pedro Monteleone), trecho Bebedouro – Palmares Paulista. Para restaurar as condições funcionais e estruturais do pavimento, a solução adotada foi a de reciclar o revestimento e a base a uma espessura de 18 cm de profundidade, adicionando 3,5 % de cimento portland CP III – 40 RS e 10 % da mistura de brita 1 e 2, em peso. Foram realizados ensaios de caracterização física, compressão simples e de deformabilidade da estrutura com o deflectômetro de impacto (FWD) e viga Benkelman. O estudo concluiu que a intervenção realizada na estrada restaurou as condições funcionais e estruturais do pavimento, deixando o mesmo propício a cumprir um novo ciclo de vida útil. Os autores relataram em seu trabalho que foram registradas baixas deflexões nos ensaios com a viga Benkelman.

Cruz & Lurdes (2006), em seu artigo, estudaram os efeitos da adição de cimento e agentes ativadores (cloreto de sódio, cloreto de cálcio, hidróxido de sódio e renolith) nos solos residuais graníticos sob o ponto de vista da capacidade de carga e durabilidade. Foram analisados o solo e as misturas de solo-cimento e solo-cimento-agentes ativadores através dos ensaios de resistência a compressão simples e a tração por compressão diametral, para avaliação das características mecânicas, enquanto que, para a durabilidade, foram realizados ensaios de absorção de água por capilaridade e compressão simples de

corpos de prova (submetidos a saturação por ciclos de molhagem-secagem e gelo-degelo). Os resultados obtidos demonstraram que a utilização do cimento melhorou o desempenho mecânico e a durabilidade dos solos residuais graníticos e que alguns dos ativadores estudados melhoram significativamente o desempenho mecânico das misturas.

2.5.1.3.2 Estabilização Solo-Cal

A literatura refere-se à estabilização solo-cal como uma prática milenar, havendo referências de que ela já tenha sido utilizada pelos romanos há dois mil anos para a construção de pavimentos (HERRIN e MITCHELL, 1961).

Quanto aos mecanismos de estabilização solo-cal, vários tipos de reações químicas ocorrem. Contudo, as mais importantes são as reações de troca catiônica, floculação e as reações pozolânicas (reações de cimentação). As reações de troca catiônica e floculação se processam rapidamente e produzem alterações imediatas na plasticidade e, em menor escala, na resistência mecânica da mistura. Também podem ocorrer reações pozolânicas entre o solo e a cal, dependendo das características dos solos a serem estabilizados. Essas reações resultam na formação de vários compostos de cimentação, que aumentam a resistência e a durabilidade da mistura e desenvolvem-se a longo prazo (LIMA *et al*, 1993).

Segundo Attoh-Okine (1995), as características dos solos que influenciam as reações solo-cal são: pH do solo, teor de matéria orgânica, drenagem natural, presença excessiva de sódio permutável, mineralogia da fração argila, grau de intemperismo, presença de carbonatos e/ou sulfatos, ferro extraível, relação sílica/alumina e relação sílica/sesquióxidos.

Solos argilosos e siltosos estabilizados quimicamente com a cal entre os teores de 4% e 6% de peso em relação ao peso de solo seco têm seus valores de suporte melhorados (BAPTISTA, 1976).

A adição da cal nos solos, em especial aos solos argilosos, provoca variações em muitas de suas propriedades mecânicas e de engenharia, a saber: o aumento granulometria do solo, devido a aglomeração ou floculação das partículas de argila; a redução da plasticidade; o aumento da resistência mecânica do solo; redução da compressibilidade do solo, tornando-o mais estável; diminuição da contração e expansão linear e o aumento do coeficiente de permeabilidade, devido às reações de floculação (CORDEIRO, 2007).

a) Utilização de cal na estabilização de camadas do pavimento

Lovato (2004), em seu trabalho, estudou o comportamento mecânico de um solo laterítico estabilizado com cal cálcica e com cal dolomítica. Para o solo e para as misturas solo-cal nos teores de 3%, 4% e 5%, submetidos a tempos de cura de até 168 dias, foram realizados os ensaios de caracterização física, compactação, compressão simples, tração por compressão diametral, tração na flexão, módulo de resiliência e durabilidade. Os resultados obtidos demonstraram que o solo é reativo à cal, sendo necessário um teor de 3% do aglomerante para sua estabilização. A mistura de solo-cal com 4% de aglomerante (cal cálcica), após 28 dias, apresentou elevados valores de resistência à compressão simples, à tração na compressão diametral e módulo de resiliência. Também foi observado que, para os tempos de cura mais longos, houve a redução de resistência e rigidez da mistura solo-cal, possivelmente pela formação de CaCO_3 e/ou produtos expansivos (etringita e taumasita). O autor relatou que as misturas estudadas (solo-cal), apresentam comportamento aceitável para utilização em camadas de base e sub-base de pavimentos e que a adoção de camadas estabilizadas faz com que os revestimentos asfálticos trabalhem apenas à compressão, não sofrendo ruptura por fadiga.

Rosa *et al* (2006), em seu artigo, estudaram o comportamento de três tipos de solos finos (dois siltosos e um argiloso) estabilizados com os teores de 3% e 6% de cal hidratada (cálcica), para aplicação em rodovias e barragens. Os solos e as misturas de solo-cal foram submetidas aos ensaios de caracterização física, mini-Proctor, mini-CBR (nas energias normal e intermediária) e expansão. Os autores relataram os bons resultados na estabilização de solos com uso da cal, os quais promoveram um aumento considerável de resistência nos valores de CBR, possibilitando o uso das misturas para execução de sub-base de pavimentos rodoviários, com algumas das misturas atingindo valores de CBR compatíveis para uso também em base de pavimentos. Quanto aos valores de expansão, foram obtidos resultados satisfatórios comparando-se com os padrões estabelecidos pelo DNIT (ES-140 e ES-142) para uso em base e sub-base de rodovias.

Cordeiro (2007) avaliou em sua pesquisa o reaproveitamento de resíduos oleosos, juntamente com solo e a cal, para estabilização/solidificação de camadas base e sub-base de pavimento rodoviários. Ele realizou a caracterização física e química dos materiais e a caracterização mecânica das misturas solo-resíduo-cal, adotando o teor fixo de 25% de resíduo oleoso e as variações do teor de cal de 3,0%, 4,5%, 6,0%, 7,5% e 9%. Os resultados obtidos indicaram que houve um aumento do teor de umidade (%), enquanto que

a massa específica aparente seca (g/cm^3) diminuiu, quando comparados ao solo no seu estado natural. Os valores de CBR sofreram alterações sugerindo elevados ganhos de resistência quando comparados com aqueles obtidos para o solo em seu estado natural. As misturas solo-resíduo-cal ocasionaram decréscimos significativos nos valores de expansão.

2.5.1.4 Outros tipos de Estabilização

a) Estabilização Elétrica

Consiste na passagem de uma corrente elétrica pelo solo a estabilizar. As descargas sucessivas de alta tensão são usadas no adensamento de solos arenosos saturados e as de baixa tensão contínua são usadas em solos argilosos empregando os fenômenos de eletromose, eletroforese e consolidação eletroquímica. Não tem sido utilizada em pavimentos.

b) Estabilização Térmica

É realizada através do emprego da energia térmica por meio de congelamento, aquecimento ou termosose. A solução do congelamento normalmente é temporária, alterando-se a textura do solo. O aquecimento busca rearranjos na rede cristalina dos minerais constituintes do solo. A termosose é uma técnica de drenagem onde se promove a difusão de um fluido em um meio poroso pela ação de gradientes de temperatura. Também não é utilizada em pavimentos.

2.6 Considerações finais acerca da fundamentação teórica

Diante do exposto, fica evidente que os resíduos gerados pela execução de serviços de restauração rodoviária, como no caso da fresagem da camada de revestimentos asfálticos (CBUQ), podem ser reutilizados nas camadas estruturais do pavimento, melhorando as características do solo e reduzindo a necessidade de extração de novos recursos naturais.

A técnica da reciclagem garante o aproveitamento dos resíduos de construção na execução de novos serviços, proporcionando assim a redução dos danos causados ao meio ambiente. Os resíduos passam a servir como recurso renovável, evitando a contaminação do meio ambiente, fortalecendo assim a prática do desenvolvimento sustentável.

CAPÍTULO 3

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

Os materiais utilizados na pesquisa constituíram-se de material fresado, solo de jazida, cal hidratada, e cimento portland. A seguir, serão descritos sucintamente os materiais, a origem e os critérios de escolha de cada um.



Figura 3.1 – Cimento CP II - F - 32.

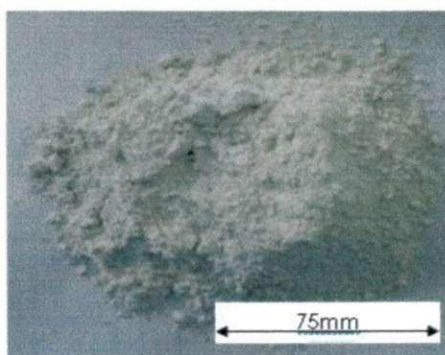


Figura 3.2 – Cal hidratada.



Figura 3.3 – Solo jazida (BR 101/PB).

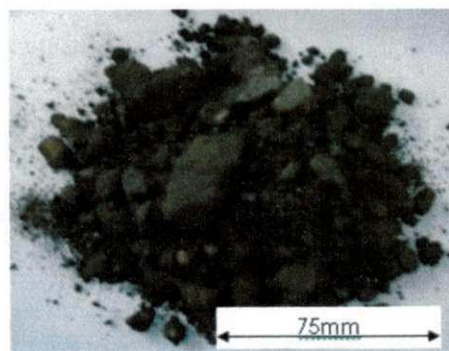


Figura 3.4 – Material fresado (BR 101/PB).

3.1.1 Cimento

O cimento utilizado na pesquisa foi o CP II – Z – 32 da marca Campeão, escolhido para ser utilizado como estabilizante químico (Figura 3.1).

3.1.2 Cal

A cal utilizada na pesquisa foi do tipo hidratada da marca MegaO, com massa específica igual a $2,30 \text{ g/cm}^3$. Optou-se pela utilização da cal também como estabilizante químico devido aos bons resultados na estabilização de solos finos (argila/silte) (Figura 3.2).

3.1.3 Solo

Foi utilizado um solo proveniente da Jazida 09 (nove) da obra de Adequação da Capacidade da BR 101/Lote 05, no estado da Paraíba, localizada no quilômetro 110 (cento e dez) / (Estaca 1790). As amostras de solo foram coletadas à profundidade de 1,5m, como forma de evitar a camada superficial, geralmente com presença de matéria orgânica e alteração da quantidade de partículas devido a processos erosivos. Procurou-se trabalhar com o solo adotado para execução da camada de sub-base com mistura de material fresado, conforme proposto no projeto da obra para a implantação das vias vicinais da BR101 (perímetro urbano da Cidade de Alhandra/PB) (Figura 3.3).

3.1.4 Material fresado

O material fresado utilizado na pesquisa (Figura 3.4) foi coletado a partir dos trabalhos de fresagem da restauração da pista existente da BR 101/PB - Lote 05 (Figura 3.5), seguindo as delimitações de área e profundidade prescritas no Projeto Executivo de Adequação da Capacidade da BR-101 (trecho: entre PB-025 à Divisa PB/PE), com cortes variando entre 4,0 (quatro) a 6,0 (seis) centímetros de espessura. O material foi estocado e será utilizado como mistura na execução da camada de sub-base das vias vicinais, no perímetro urbano da cidade de Alhandra/PB.

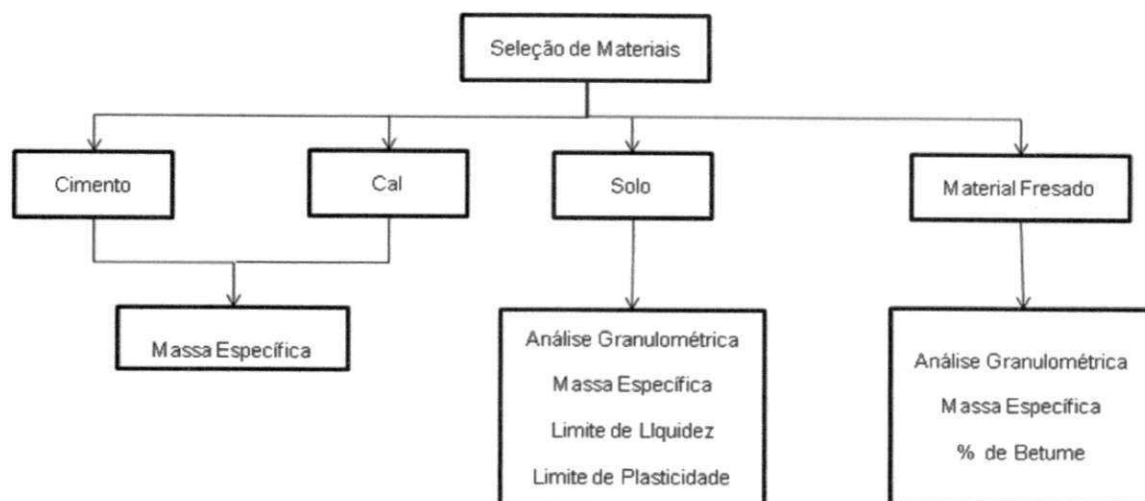


Figura 3.5 – Mapa de situação da BR 101/Lote 05.

3.2 Métodos

3.2.1 Avaliação das propriedades físicas

O Fluxograma 1 apresenta a sequência de atividades para a avaliação das propriedades físicas dos materiais utilizados na pesquisa. A seguir serão relatados os ensaios realizados em laboratório e que serviram para a caracterização das propriedades físicas dos materiais estudados.



Fluxograma 1 – Sequência de atividades utilizadas para avaliar as propriedades físicas dos materiais utilizados na pesquisa.

Nesta etapa, as amostras do solo foram secas ao ar, destorroadas e acondicionadas em sacos plásticos até o momento de serem utilizadas. A preparação das amostras de solo para os ensaios de caracterização física foi realizada de acordo a NBR 6457 (ABNT, 1986).

Na tabela 3.1 estão inseridas as normas adotadas para os ensaios de caracterização física das amostras de solo.

Tabela 3.1 - Normas utilizadas para caracterização física das amostras de solo.

Ensaio	Método
Análise granulométrica por peneiramento - Solos	DNIT-ME 080/94
Determinação da massa específica dos sólidos do solo	ABNT-NBR 6508/84
Determinação do limite de plasticidade	ABNT-NBR 7180/84
Determinação do limite de liquidez	ABNT-NBR 6459/84

O material fresado utilizado foi acondicionado em tambor apropriado até o momento de sua utilização. Na tabela 3.2 estão inseridas as normas adotadas para os ensaios de caracterização realizados.

Tabela 3.2 - Normas utilizadas para caracterização física de material fresado.

Ensaio	Método
Análise granulométrica por peneiramento	DNIT-ME 083/98
Determinação da massa específica dos sólidos do solo	ABNT-NBR 6508/84
Misturas betuminosas – porcentagem de betume	DNIT-ME 053/94

3.2.1.1 Análise Granulométrica

A distribuição granulométrica do solo e material fresado foi determinada através do ensaio de granulometria por peneiramento, normatizados pelas normas DNIT-ME 080/94 para o solo e DNIT-ME 083/98 para o material fresado. Conforme as normas, para a realização dessa análise, uma amostra de cada material estudado foi separada e submetida ao peneiramento em uma série-padrão de peneiras, cuja abertura de malhas tem a seqüência definida na ABNT EB-22 (ABNT, 1988). Esse ensaio foi realizado no Laboratório de solos da Universidade Federal de Campina Grande.

3.2.1.2 Determinação da Massa Específica

A massa específica da cal e do cimento foi determinada pela norma NBR 6474 - Cimento portland e outros materiais em pó: determinação da massa específica. Porém a massa específica do solo foi obtida através da norma NBR 6508/84. Esses ensaios foram realizados no Laboratório de Solos do Bloco CW da Unidade Acadêmica de Engenharia Civil da UFCG.

3.2.1.3 Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade

O limite de liquidez, plasticidade e o índice de plasticidade foram determinados para a amostra de solo de acordo com as normas da ABNT NBR 6459/84 e NBR 7180/84, respectivamente.

3.2.1.4 Porcentagem de Betume

A porcentagem de betume do material fresado utilizado na pesquisa foi determinada conforme a norma DNIT-ME 053/94, com o extrator centrífugo tipo: Rotarex – I - 2009- B (Figura 3.6) do Laboratório de Asfalto, do bloco CW da Unidade Acadêmica de Engenharia Civil da UFCG.

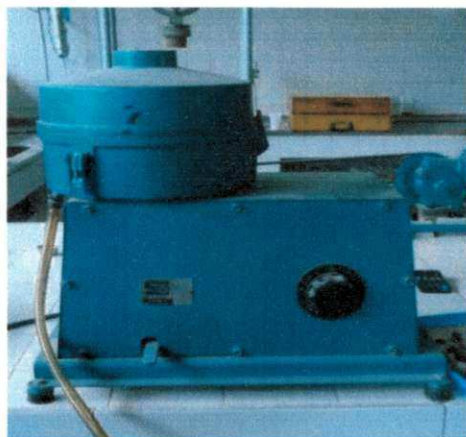


Figura 3.6 – Aparelho extrator de betume.

3.2.2 Avaliação das propriedades mecânicas

Os ensaios realizados para avaliar as propriedades mecânicas do solo e das misturas de materiais estudadas na pesquisa foram conduzidos no Laboratório de Solos do Bloco CW da Unidade Acadêmica de Engenharia Civil da UFCG e no Laboratório de Solos do 2ºBEC (Segundo Batalhão de Engenharia de Construção), canteiro de obras do LOTE 05 da BR 101/NE, quilômetro 101.

Os ensaios realizados para a caracterização mecânica do solo puro e das misturas de materiais foram: compactação, ensaio de CBR e resistência à compressão simples. Estão apresentados no Fluxograma 2:



Fluxograma 2 – Sequência de atividades utilizadas para avaliar as propriedades mecânicas do solo e das misturas de materiais utilizados na pesquisa.

3.2.2.1 Experimento Piloto

Com o intuito de verificar a influência do material fresado (MF) sobre o comportamento mecânico do solo, inicialmente, foram feitas adições de fresado ao solo nas proporções de 20%, 25%, 30%, 35%, 40% e 45% (em relação ao peso total da amostra) e uma amostra testemunha contendo apenas solo, para comparação dos resultados. Para estes teores foram realizados ensaios de compactação e em seguida, o ensaio de CBR. A partir dos resultados obtidos foi fixado o teor de material fresado em 45%, pois este teor apresentou o CBR mínimo para atender o pré-requisito de material de sub-base (Tabela 3.3), que foi utilizado no decorrer da pesquisa para as misturas de SOLO+MF+CAL e SOLO+MF+CIMENTO.

Tabela 3.3 – Valores de referência para sub-base estabilizadas granulometricamente.

Camada do Pavimento	CBR	Expansão
Sub-base (ES-139/10)	≥ 20%	Máxima de 1%

Fonte: DNIT.

3.2.2.2 Adição de aglomerantes à mistura

Os aglomerantes escolhidos foram a cal e o cimento, devido à eficácia de ambos na estabilização de solos finos. Com a adoção do percentual fixo de 45% de material fresado, conforme os resultados obtidos no *Experimento Piloto*, optou-se em adicionar os aglomerantes nos teores de 2%, 4%, 6%, 8% e 10%, em relação ao peso total da amostra. A definição destes teores teve como objetivo melhorar as propriedades da mistura SOLO + MF, possibilitando uma solução técnica e economicamente viável a ser adotada em uma obra, devido à facilidade de aquisição dos aglomerantes utilizados (Figura 3.7).



Figura 3.7 – Mistura do solo, material fresado e aglomerante.

3.2.2.3 Ensaio de compactação

Os ensaios de compactação foram realizados segundo o Método de Ensaio (ME 162/94) normatizado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

Inicialmente, o ensaio de compactação foi realizado apenas para amostras de solo puro e SOLO+MF. Em seguida, foram realizados ensaios de compactação para as misturas de SOLO+MF+CAL e SOLO+MF+CIMENTO com as porcentagens apresentadas no Fluxograma 3. O ensaio foi realizado na Energia do Proctor Intermediário e com duas réplicas para cada teor de variação dos aglomerantes (Figura 3.8).



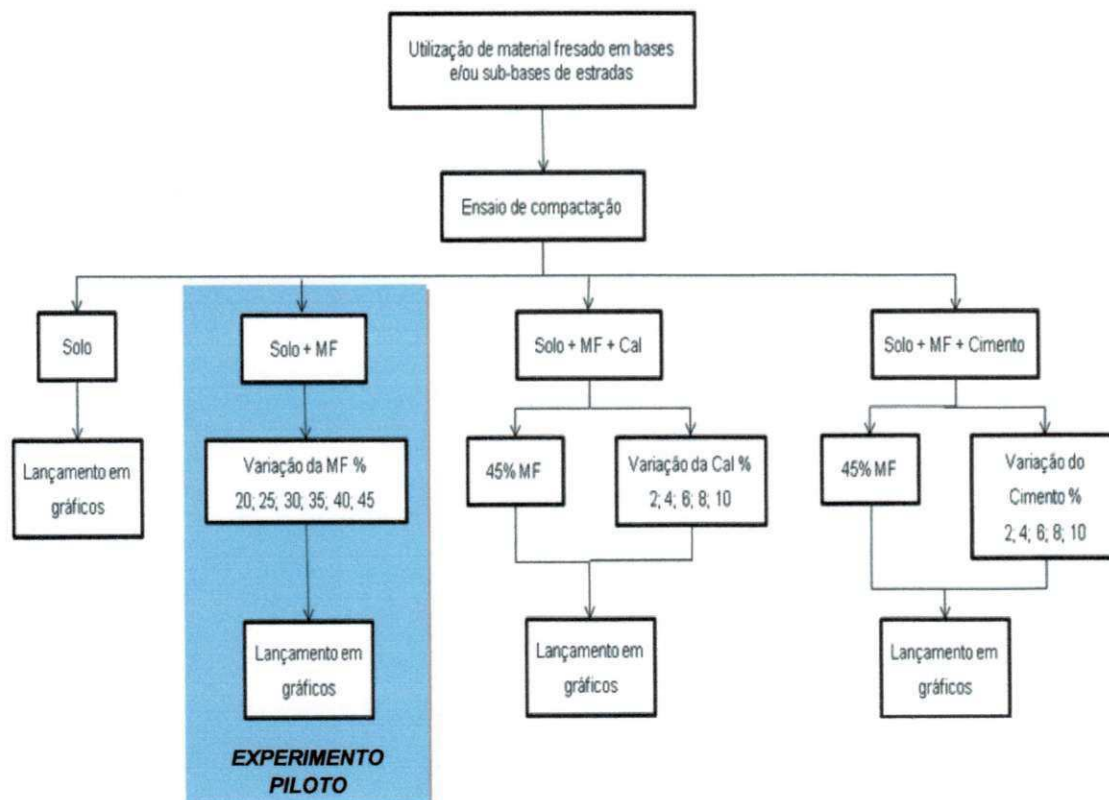
(a)



(b)

Figura 3.8 – (a) Molde e soquete do ensaio de compactação e (b) pesagem do solo para obtenção da umidade de moldagem.

No Fluxograma 3 está inserida a sequência de atividades adotada para a realização dos ensaios de compactação. Após a realização dessas atividades, os resultados foram processados (lançados em gráficos) para sua posterior análise.



Fluxograma 3 - Sequência adotada para realização do ensaio de compactação.

3.2.2.4 Ensaios CBR (Califórnia Bearing Ratio)

O CBR é um ensaio empírico utilizado para a estimativa da resistência à penetração de um pistão sobre um corpo-de-prova de uma amostra de solo confinada em um cilindro metálico, a qual se relaciona, em termos percentuais, à resistência de uma composição de brita graduada (brita padrão) expressa em porcentagem, e que correspondem às penetrações de 2,5 mm e 5,0 mm (Figura 3.9). O valor adotado para o CBR é escolhido entre a maior das duas relações.



(a)



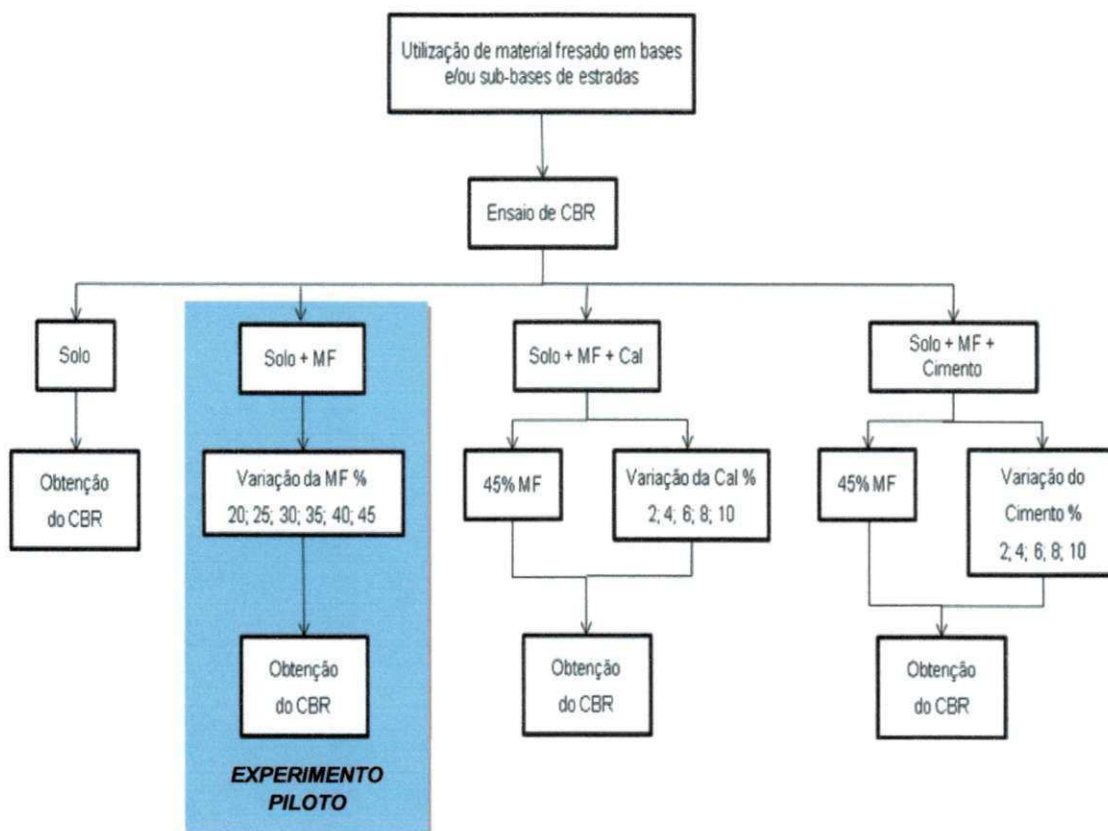
(b)

Figura 3.9 – (a) Prensa manual do ensaio de CBR e (b) Extensômetro e molde – equipamento utilizado para realização dos ensaios de expansão.

O ensaio de CBR foi realizado segundo o Método de Ensaio (ME 049/94) normatizado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) com duas réplicas para cada teor de variação dos aglomerantes. Primeiramente, o ensaio de CBR foi realizado apenas para amostras de solo e SOLO+MF. Em seguida, o ensaio foi realizado para as misturas de SOLO+MF+CAL e SOLO+MF+CIMENTO com as porcentagens que são mostradas no Fluxograma 4.

Os corpos-de-prova foram confeccionados e colocados em imersão, sendo acompanhados durante quatro dias para análise do comportamento do nível de expansão de todas as amostras ensaiadas.

O Fluxograma 4 apresenta a sequência adotada para a realização do ensaio CBR.

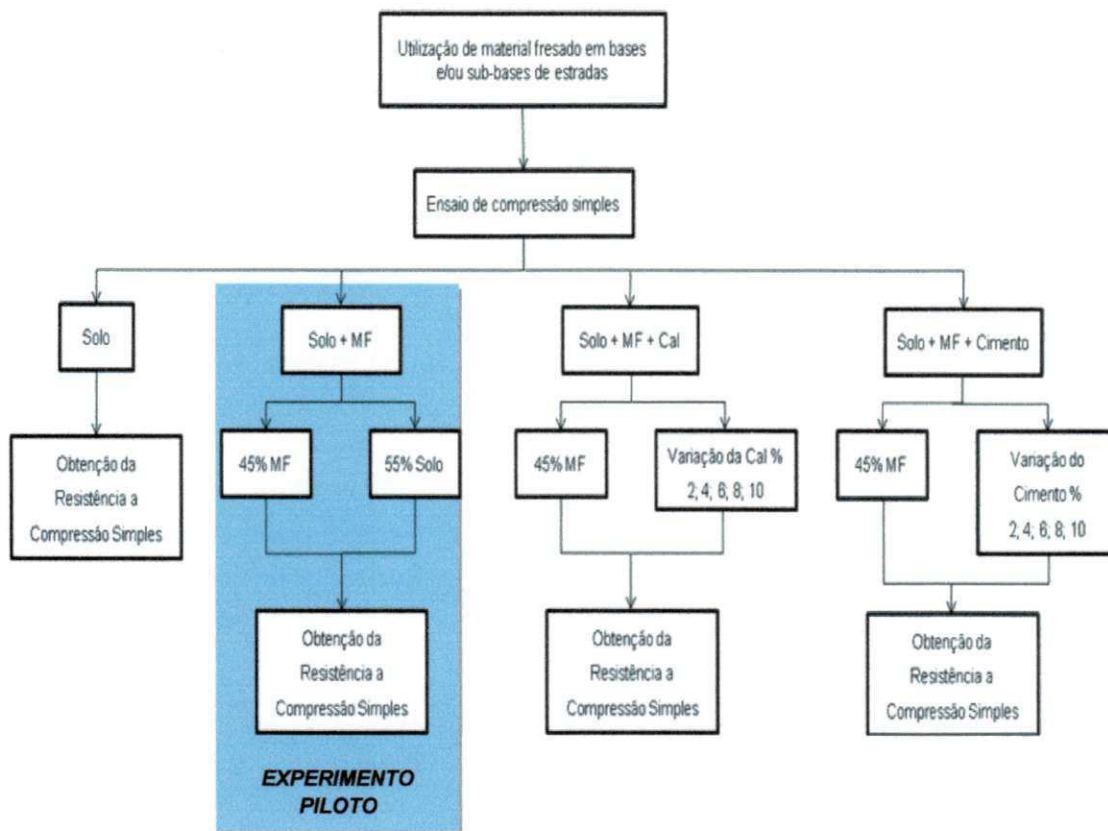


Fluxograma 4 - Sequência adotada para a execução do ensaio de CBR.

3.2.2.5 Ensaio de resistência à compressão simples

Os ensaios de resistência à compressão simples foram realizados segundo Método de Ensaio NBR 12025 (ABNT, 1990). Os ensaios de resistência à compressão simples foram realizados com as amostras de solo, SOLO+MF (com a percentagem de MF fixada em 45%), SOLO+MF+CAL e SOLO+MF+CIMENTO (com a variação do solo e aglomerantes).

Os corpos-de-prova foram moldados de acordo com os procedimentos sugeridos pela NBR 12024 da ABNT (1992) para os teores que são mostrados no Fluxograma 5. Procurou-se com isso, um solo estabilizado que se enquadrasse dentro dos critérios estabelecidos pelo DNIT para materiais de sub-base e base, respectivamente.



Fluxograma 5 – Sequência de atividades adotada para a realização do ensaio de compressão simples.

A quantidade de água utilizada nas misturas foi determinada a partir dos resultados dos ensaios de compactação. A cura dos corpos-de-prova foi realizada durante sete dias e a moldagem e o rompimento foram feitos com os equipamentos mostrados na figura 3.10. Foram moldados corpos-de-prova com duas réplicas para o solo, solo+MF (MF = 45%) e para cada teor de cal e cimento.

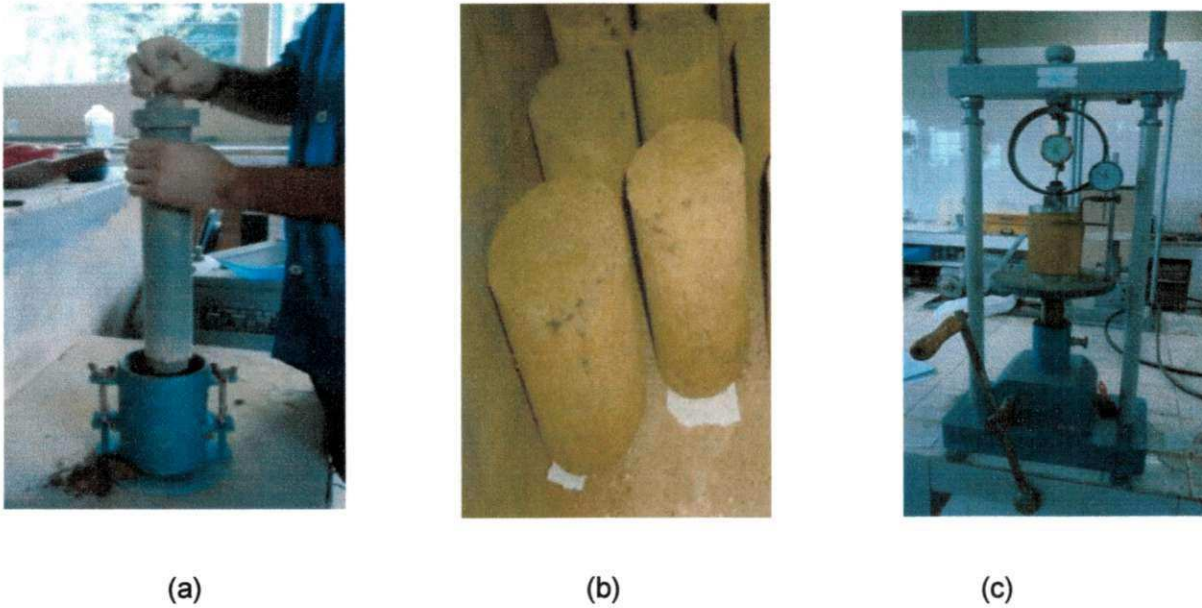


Figura 3.10 – (a) Molde e soquete padrão, (b) corpos-de-prova na câmara úmida e (c) prensa manual simples utilizada para a realização dos ensaios de compressão simples.

Para a determinação da resistência à compressão simples dos corpos-de-prova foi utilizada a norma NBR 12025 da ABNT (1990). A resistência à compressão simples expressa em MPa foi calculada individualmente para cada corpo-de-prova, segundo a Equação 3.1.

$$RCS = \frac{C}{A} \times 0,1 \text{ (MPa)} \quad [3.1]$$

Onde:

RCS : Resistência a compressão simples (MPa);

C: Carga de ruptura (kgf.); e

A: Área da seção transversal do corpo de prova (78,54 cm²)

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Propriedades físicas

4.1.1 Composição granulométrica do solo

A distribuição dos tamanhos dos grãos do solo foi obtida através do ensaio de granulometria por peneiramento, segundo a norma DNIT-ME 080/94, com uma amostra de solo separada e submetida ao peneiramento manual da série-padrão de peneiras. O resultado deste ensaio é apresentado através da curva granulométrica da figura 4.1.

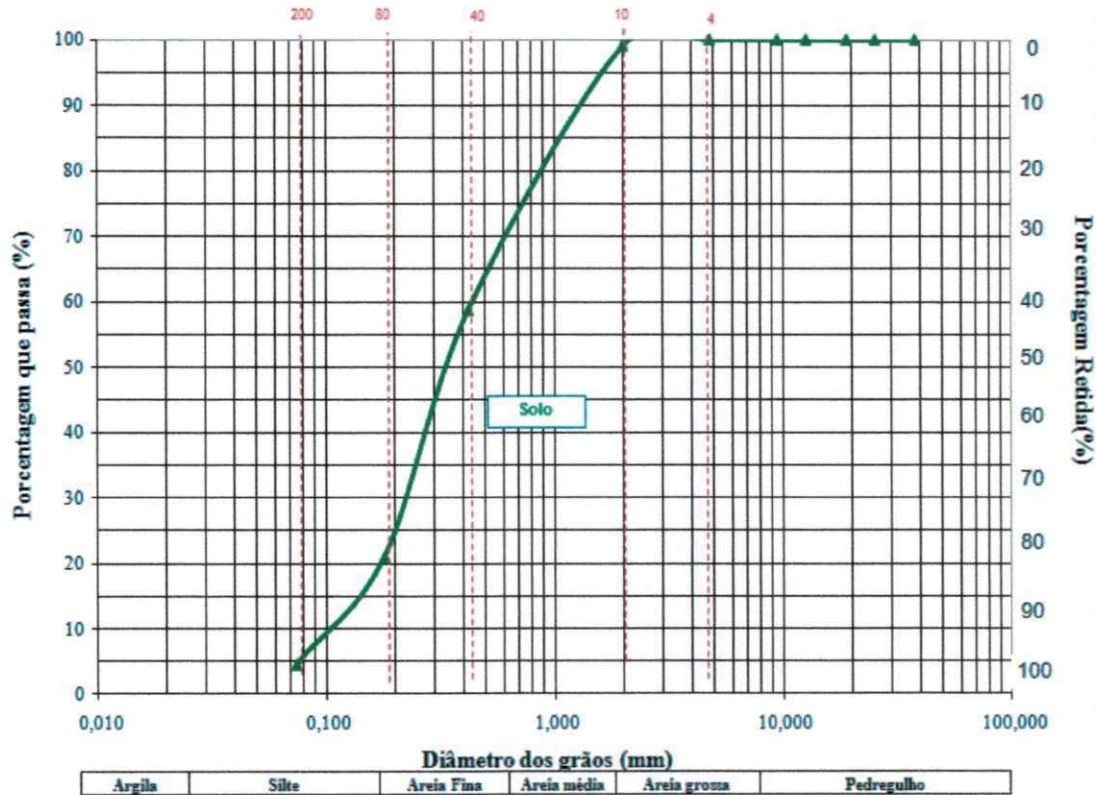


Figura 4.1 - Gráfico da distribuição granulométrica do solo

De acordo com os valores obtidos da distribuição da granulometria do solo (Tabela 4.1), observa-se que a curva granulométrica apresentou um coeficiente de uniformidade (C_U) de 4,2 e um coeficiente de curvatura (C_C) de 1,26, caracterizando o solo como muito uniforme e bem graduado.

Tabela 4.1 - Diâmetro efetivo do solo.

Diâmetro efetivo	Valores (mm)
D10	0,10
D30	0,23
D60	0,42

4.1.2 Composição granulométrica do material fresado

A distribuição dos tamanhos dos grãos do material fresado foi obtida através do ensaio de granulometria por peneiramento, segundo a norma DNIT-ME 083/98, com uma amostra de material separada e submetida ao peneiramento manual da série-padrão de peneiras. O resultado deste ensaio é apresentado através da curva granulométrica da figura 4.2.

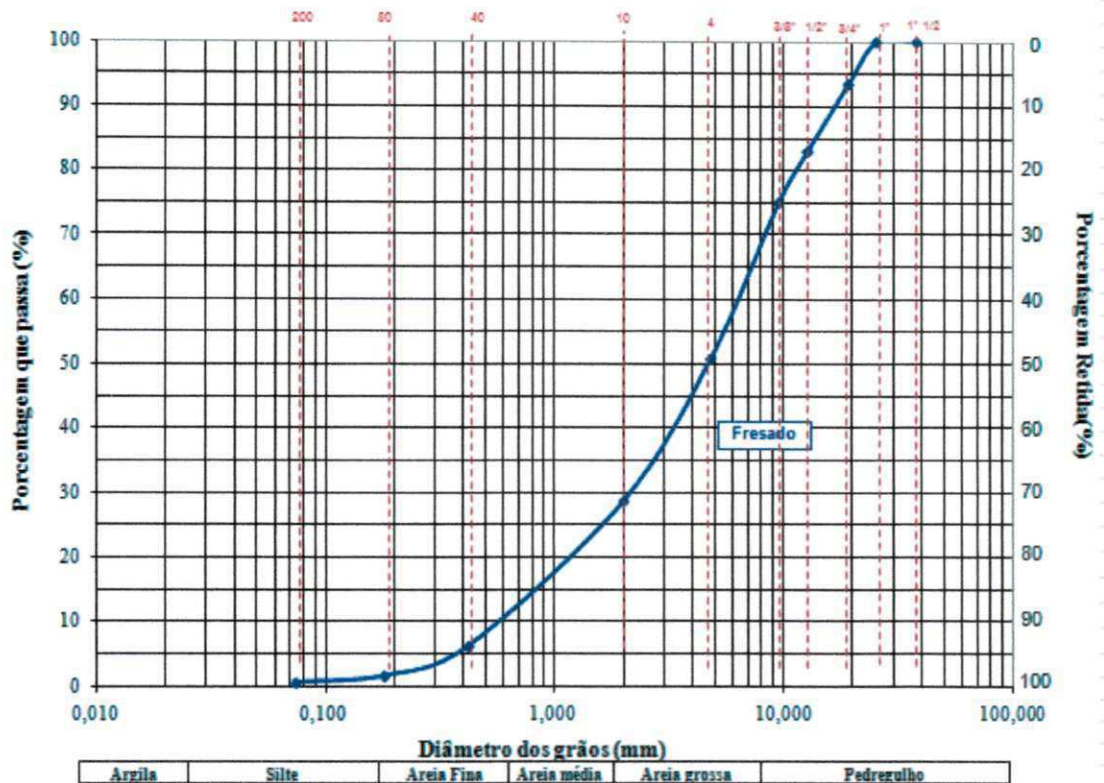


Figura 4.2 - Gráfico da distribuição granulométrica do Material Fresado.

De acordo com os valores obtidos da distribuição da granulometria do solo (Tabela 4.2), observa-se que a curva granulométrica apresentou um coeficiente de uniformidade (C_U) de 10,00 e um coeficiente de curvatura (C_C) de 1,11, caracterizando como bem graduado com uniformidade média. O diâmetro máximo observado na figura 4.2 foi de 19,1 mm e o Módulo de Finura de 4,06.

Tabela 4.2 - Diâmetro efetivo do material fresado.

Diâmetro efetivo	Valores (mm)
D10	0,60
D30	2,00
D60	6,00

Na tabela 4.3, são apresentadas as faixas granulométricas utilizadas pelo DNIT para a execução da capa de rolamento (CBUQ) e a granulometria do material fresado, obtida pelo ensaio de granulometria por peneiramento.

Tabela 4.3 – Comparação da granulometria do material fresado com as Faixa “B e C” - DNIT.

Peneira da malha quadrada	Material fresado	% em massa, passando		Tolerâncias
		Faixa “B”	Faixa “C”	
1 ½ pol.	-	100	-	±7%
1 pol.	-	95 - 100	-	±7%
¾ pol.	93,5	80 - 100	100	±7%
½ pol.	83,0	-	80 - 100	±7%
3/8 pol.	75,0	45 - 80	70 - 90	±7%
Nº 4	50,9	28 - 60	44 - 72	±5%
Nº 10	28,7	20 - 45	22 - 50	±5%
Nº 40	6,2	10 - 32	8 - 26	±5%
Nº 80	1,5	8 - 20	4 - 16	±3%
Nº 200	0,5	3 - 8	2 - 10	±2%

Observa-se na tabela 4.3, a redução da quantidade de finos do material fresado em relação às faixas granulométricas “C e B” do DNIT, evidenciado nas peneiras Nº 40, 80 e 200, que apresentaram valores abaixo do limite estabelecido nas faixas “B e C” para as referidas peneiras. Verifica-se o aumento da quantidade de pedregulho, com 93,5% do material fresado passando na peneira ¾”, abaixo do limite estabelecido na faixa “C”. Isto pode ser explicado devido à presença do ligante (material asfáltico) mantendo as partículas de agregados aglomerados (grumos) (BONFIM, 2007).

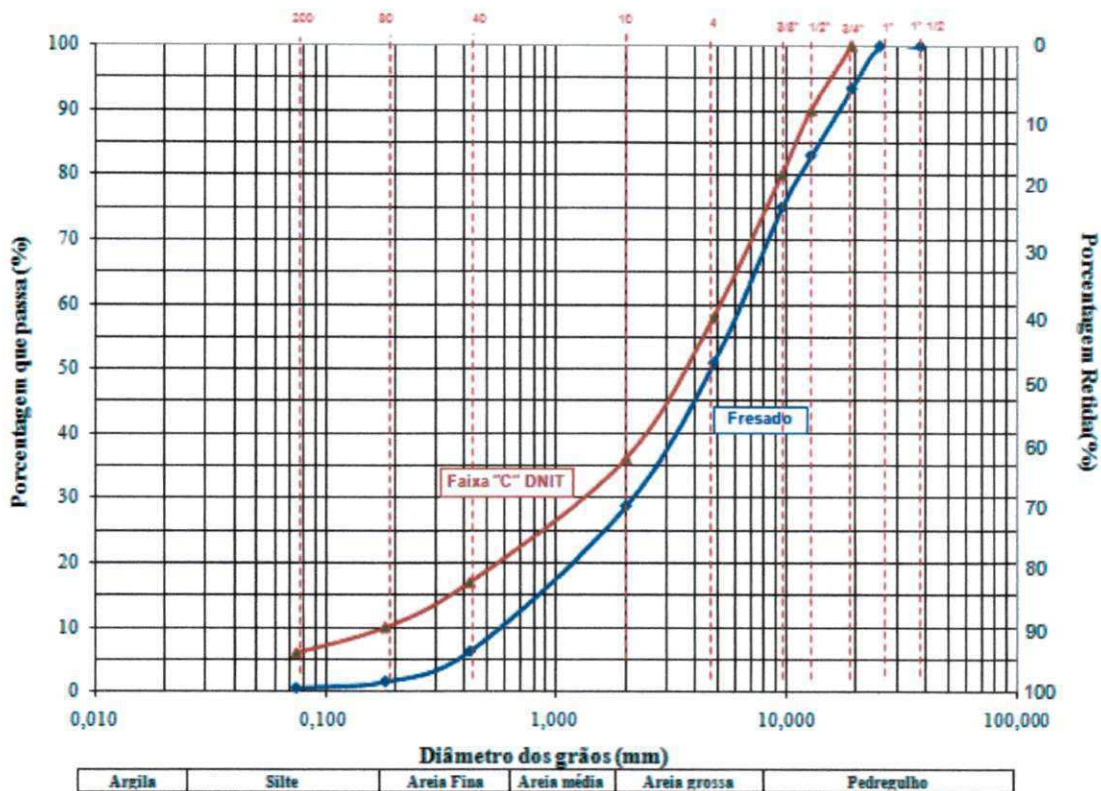


Figura 4.3 – Curvas granulométricas do Material Fresado e Faixa “C” (DNIT).

Verifica-se na figura 4.3 o deslocamento da curva granulométrica do material fresado para baixo em relação à curva traçada com os valores médios da Faixa “C” do DNIT. Está representada a redução da quantidade de material fino, no qual provavelmente houve a aglomeração das partículas de agregado pelo material asfáltico, ocasionando a formação de grumos e acarretando, assim, o aumento da granulometria do material fresado.

4.1.3 Massa específica real dos materiais utilizados na pesquisa

Na tabela 4.4 está inserido o resultado obtido nos ensaios da massa específica real dos grãos para os materiais utilizados na pesquisa: cimento, cal, solo e material fresado.

Tabela 4.4 – Massa específica real dos materiais utilizados na pesquisa.

Massa específica real (g/cm ³)	
Cimento	2,70
Cal	2,30
Solo	2,71
Material Fresado	2,29

4.1.4 Índices de consistência do solo

Os ensaios foram realizados segundo preconizam as normas da ABNT NBR-6459/94 para limite de liquidez e NBR-7180/94 para limite de plasticidade. Os resultados são apresentados na figura 4.4 e tabela 4.5.

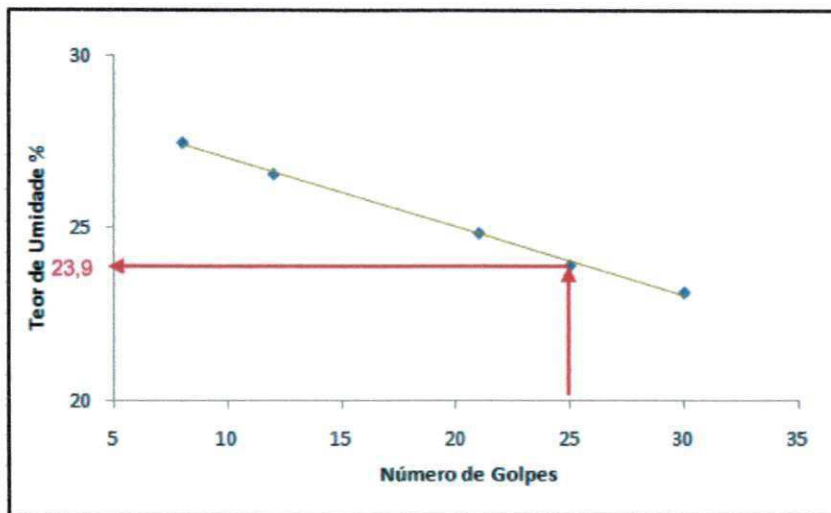


Figura 4.4 - Gráfico do limite de liquidez.

Portanto, conforme a norma NBR-7180/94, observa-se no gráfico da figura 4.4 que para 25 golpes, o limite de liquidez é de 23,9%.

Os resultados obtidos nos ensaios de limite de liquidez, limite de plasticidade e do cálculo do Índice de Plasticidade constam na tabela 4.5.

Tabela 4.5 – Limites de consistência do solo.

Solo	Limite de Liquidez (%)	Limite de Plasticidade (%)	Índice de Plasticidade (%)
	23,9	19,5	4,3

Com os resultados da distribuição granulométrica das partículas e dos limites de consistência, o solo foi classificado como A – 2 – 4 (solo arenoso), de acordo com o sistema de classificação TRB (*Transportation Research Board*) e como SP (areia mal graduada) pelo SUCS (Sistema Unificado de Classificação dos Solos).

Segundo o sistema TBR, usualmente utilizado na classificação dos materiais a serem empregados em aterros, subleitos, sub-bases e bases de rodovias, o solo analisado possui uma excelente qualidade para construção das camadas do pavimento, tendo em vista se tratar de um solo predominantemente arenoso com pouca presença de finos (silte/argila).

4.1.5 Determinação do Teor de Asfalto

O ensaio realizado para obtenção do teor de betume do material fresado foi executado segundo preconiza a norma DNIT-ME053-94, utilizando-se o solvente do tipo xileno. O cálculo utilizado determinação do teor de betume é apresentado a seguir:

Porcentagem= (Peso do betume extraído/Peso da amostra total) x 100

$$P = \frac{(2.094,60 - 2.032,10)}{1.000} \times 100 = 6,3\%$$

O teor de betume obtido para o material fresado foi de 6,3%, valor este compatível com o teor ótimo de Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) usualmente utilizado em Concretos Betuminosos Usinado a Quente (CBUQ), faixa “C”, que compõem a última camada de revestimento dos pavimentos flexíveis.

4.2 Propriedades mecânicas

4.2.1 Experimento Piloto

Os ensaios de compactação foram executados utilizando a Energia Proctor Intermediário visando à utilização do material nas camadas de base e sub-base do pavimento, conforme o Método de ensaio – ME 162/94 do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT). A mistura, depois de homogeneizada, foi fracionada em cinco partes iguais onde foram adicionadas diferentes quantidades de água.

Na figura 4.5 e na tabela 4.6 são apresentados os resultados obtidos com a realização do ensaio de compactação para amostra de solo (sem mistura).

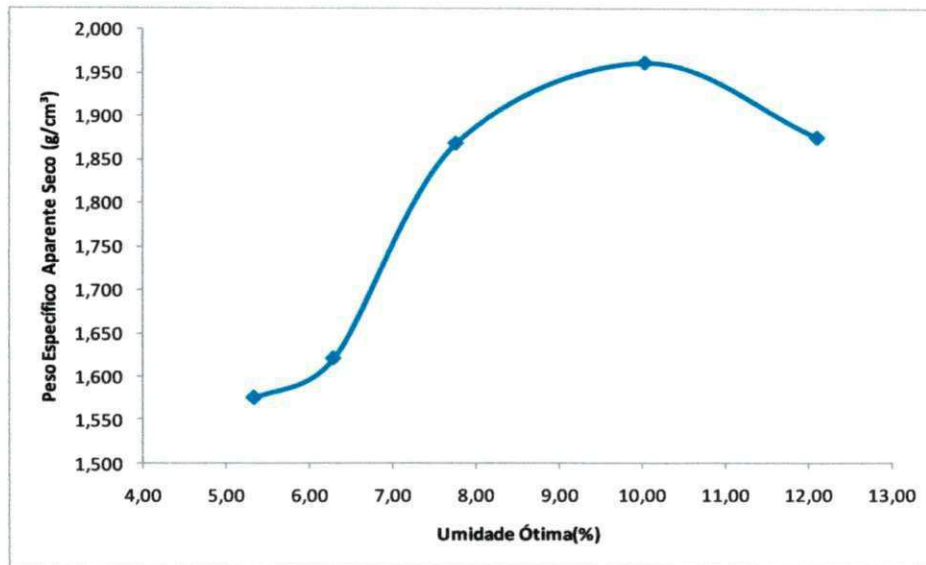


Figura 4.5 – Curva de compactação para o solo.

Tabela 4.6 - Resultados obtidos no ensaio de compactação para o solo.

Solo	Massa específica aparente	
	seca máxima (g/cm³)	Umidade ótima (%)
	1,96	10,1

Os resultados obtidos com os ensaios de CBR para o solo puro e para o solo com adições de material fresado nas proporções de 20%, 25%, 30%, 35%, 40% e 45% em massa, em relação à massa total da amostra (6.000g) são apresentados na figura 4.6 e na tabela 4.7, bem como os valores obtidos de umidade ótima (%), de massa específica aparente seca (g/cm³) e de expansão (%).

Tabela 4.7 – Resultados dos ensaios de CBR variando a percentagem de material fresado.

Teores de MF (%)	Umidade (%)	Massa específica aparente seca corpo-de-prova (g/cm ³)	CBR (%)	Média dos valores de CBR %	Expansão (%)
0	6,6	1,92	7	8	0,17
	9,6	1,93	13		0,27
	9,5	1,85	3		0,44
20	9,1	1,97	12	11	0,06
	9,4	1,96	11		0,05
	9,3	1,97	10		0,11
25	9,3	1,98	13	13	0,10
	9,6	1,97	13		0,05
	9,5	1,97	12		0,04
30	8,0	1,99	13	13	0,07
	8,2	1,98	14		0,06
	8,7	1,98	13		0,03
35	10,2	2,01	15	15	0,05
	10,3	2,01	15		0,06
	10,1	2,01	14		0,07
40	7,8	2,01	20	20	0,04
	8,0	2,02	20		0,05
	7,7	2,02	19		0,08
45	7,1	2,00	27	25	0,06
	8,5	1,99	25		0,08
	8,4	2,01	24		0,05

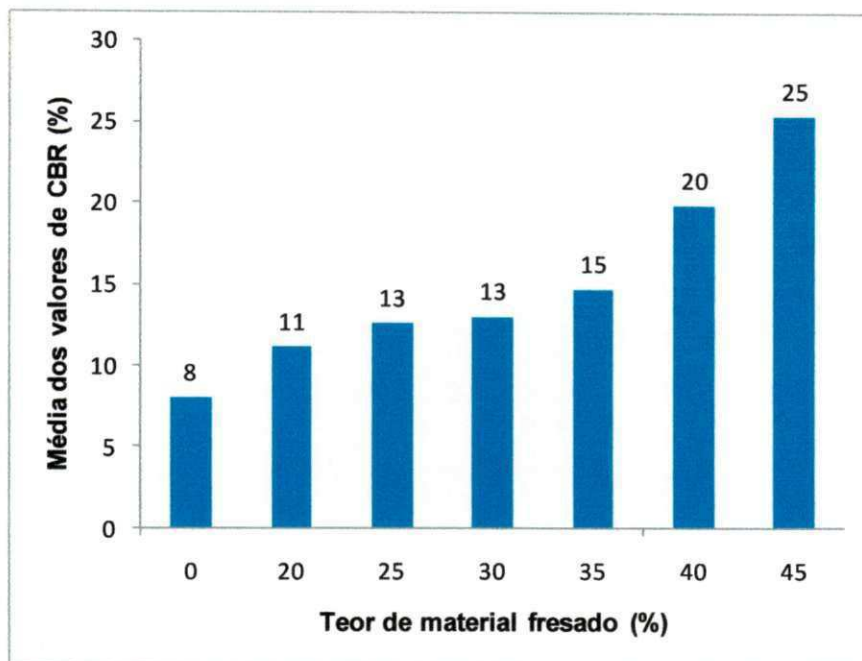


Figura 4.6 - Efeito da adição do Material Fresado nos valores de CBR.

Analisando os resultados apresentados na tabela 4.7, observa-se que houve variações significativas nos valores obtidos para o CBR, que apresentaram um aumento de resistência proporcional à quantidade de material fresado adicionado à mistura. Com a adição do percentual de 45% de material fresado, obteve-se um CBR igual a 25%, que conforme a norma DNIT- ES 139/10 já possibilitaria a execução de uma camada de sub-base estabilizada granulometricamente. Esta solução foi adotada no projeto executivo da obra de Adequação da Capacidade da BR-101/Lote-05 para a execução da sub-base nas vias marginais da Cidade de Alhandra/PB.

Com base nos resultados obtidos, optou-se em adotar como experimento piloto o percentual fixo de 45% de material fresado em relação à massa de solo seco. Este percentual foi escolhido por apresentar um CBR maior que 20%, que possibilitaria a execução de uma camada de sub-base sem a incorporação de aglomerantes.

4.2.2 Ensaio de compactação para as misturas

Tendo como base o percentual fixo de 45% de material fresado, obtido no experimento piloto, foram adicionados cimento e cal nos teores de 2,0%, 4,0%, 6,0%, 8,0% e 10%, por se tratarem de matérias de fácil aquisição e usualmente empregados na estabilização química de solos.

Na figura 4.7 e na tabela 4.8 são apresentados os resultados dos ensaios de compactação para as diferentes misturas de solo, material fresado e cal.

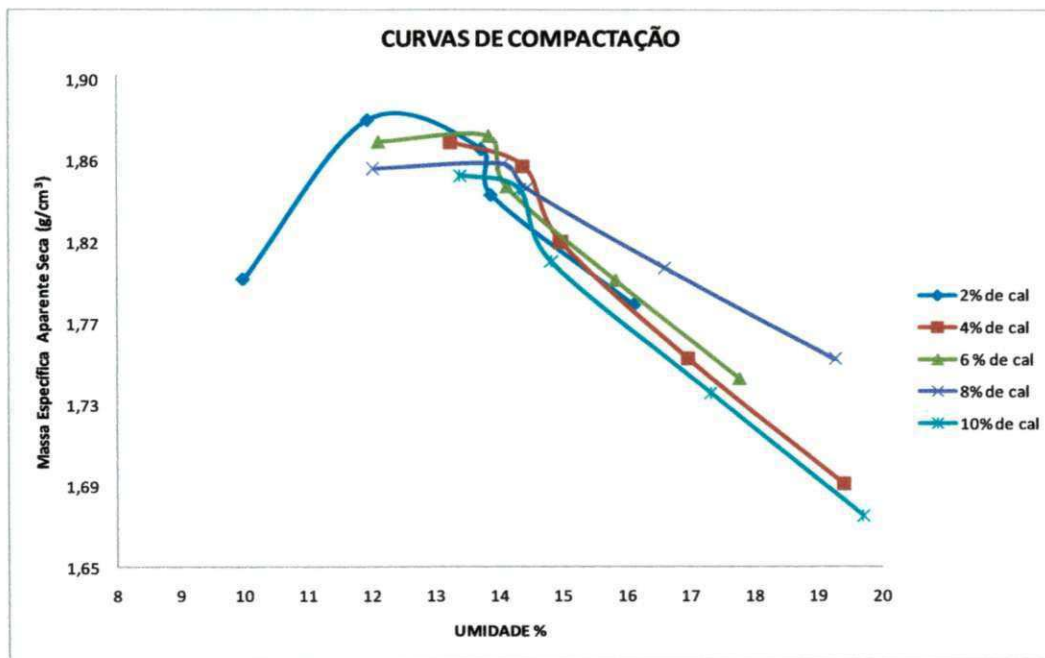


Figura 4.7 – Curvas de compactação para as misturas solo-MF-cal.

Tabela 4.8 – Resultados do ensaio de compactação para a mistura solo-material fresado-cal.

Mistura	Massa específica aparente seca máxima (g/cm³)	Umidade Ótima (%)
solo – 45% material fresado – 2,0% cal	1,86	13,7
solo – 45% material fresado – 4,0 %cal	1,85	14,4
solo – 45% material fresado – 6,0% cal	1,87	13,8
solo – 45% material fresado – 8,0% cal	1,86	14,1
solo – 45% material fresado – 10% cal	1,84	14,3

Na figura 4.8 e na tabela 4.9 são apresentados os resultados dos ensaios de compactação para as diferentes misturas de solo, material fresado e cimento.

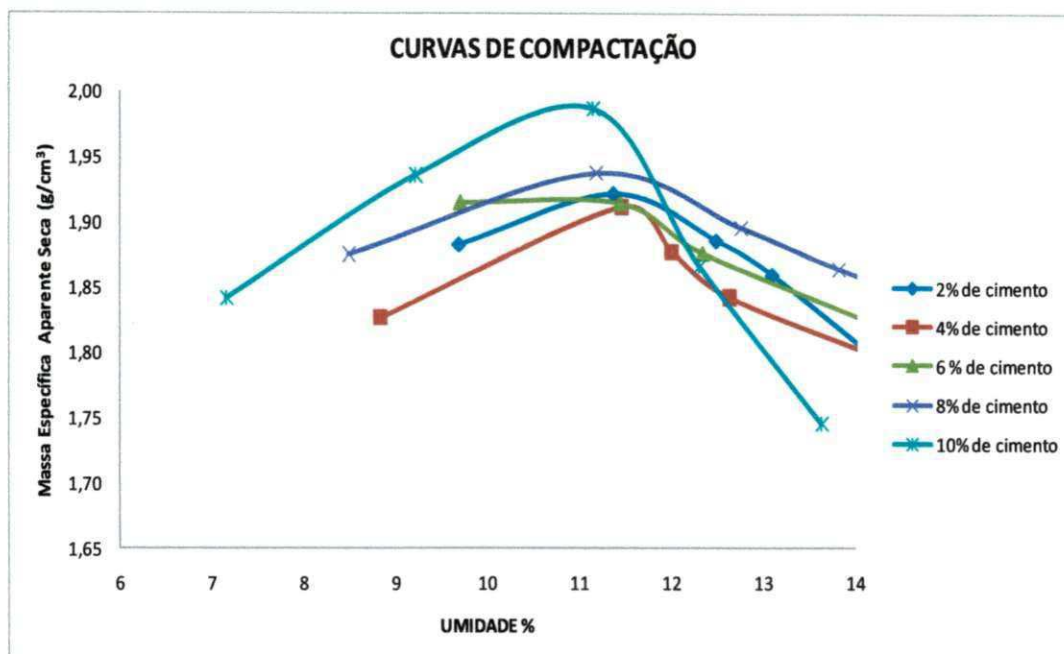


Figura 4.8 – Curvas de compactação para as misturas solo-MF-cimento.

Tabela 4.9 – Resultados do ensaio de compactação para a mistura solo-material fresado-cimento.

Mistura	Massa específica aparente seca máxima (g/cm³)	Umidade Ótima (%)
solo – 45% material fresado – 2,0% cimento	1,92	11,4
solo – 45% material fresado – 4,0 % cimento	1,91	11,5
solo – 45% material fresado – 6,0% cimento	1,91	11,4
solo – 45% material fresado – 8,0% cimento	1,94	11,2
solo – 45% material fresado – 10% cimento	2,01	11,1

Ao analisar os resultados da massa específica aparente seca máxima e umidade ótima do experimento piloto para as amostras com diferentes teores de cal e cimento apresentados nas tabelas 4.8 e 4.9, observa-se que os valores obtidos da massa específica apresentaram pouca variação. Já a umidade ótima apresentou um aumento perceptível, comparando-se as misturas SOLO+FM e SOLO+MF+CAL, isto devido à água absorvida nas reações químicas dos aglomerantes adicionados a mistura. Dentro dos próprios grupos

variando apenas o teor do aglomerante utilizado não houve diferenças significativas nos valores de massa específica seca e de umidade ótima.

Os dados apresentados na tabela 4.8 demonstram que a adição de cal à mistura provocou alterações nos valores da massa específica aparente seca e na umidade ótima em relação ao experimento piloto, com um pequeno decréscimo da massa específica, apresentando valores de $1,84 \text{ g/cm}^3$ da mistura em relação $1,99 \text{ g/cm}^3$ do experimento piloto, enquanto à umidade ótima apresentou um acréscimo significativo, com valores até 14,3 % da mistura em relação a 9,1 % do experimento piloto.

Os dados apresentados na tabela 4.9 demonstram que a adição de cimento à mistura provocou alterações na umidade ótima, com um acréscimo significativo de umidade, apresentando valores de 11,5 % da mistura em relação a 9,1 % do experimento piloto, contudo menor que a cal. Porém na massa específica aparente seca quase não houve variação, com valores de $1,91 \text{ g/cm}^3$ da mistura em relação $1,99 \text{ g/cm}^3$ do experimento piloto.

4.2.3 Ensaio de CBR para as misturas

As figuras 4.9 e 4.10 apresentam os resultados obtidos para o ensaio de CBR em relação aos diferentes teores de cal e de cimento adicionados à mistura, com um teor fixo de 45% de material fresado.

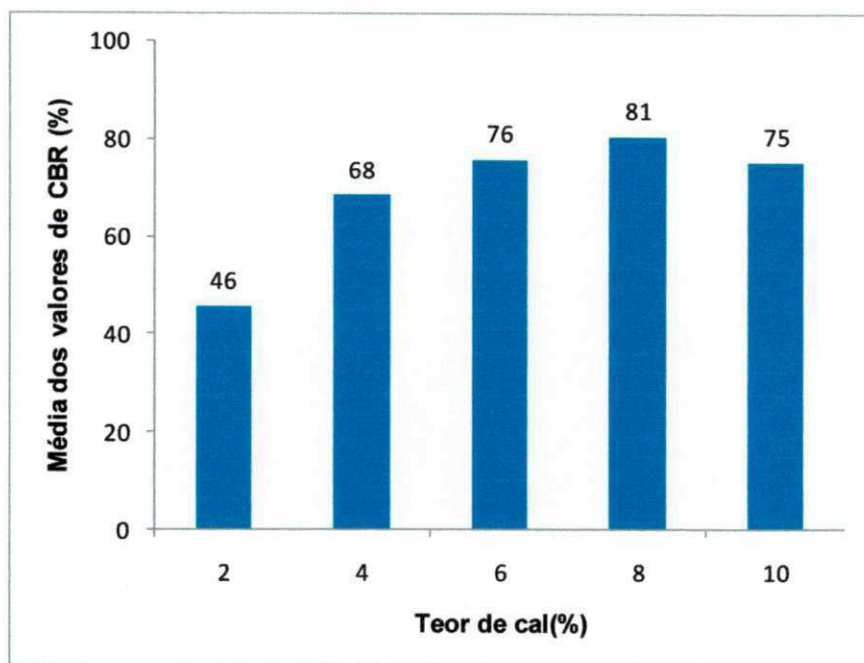


Figura 4.9 - Efeito da adição de cal à mistura nos valores de CBR.

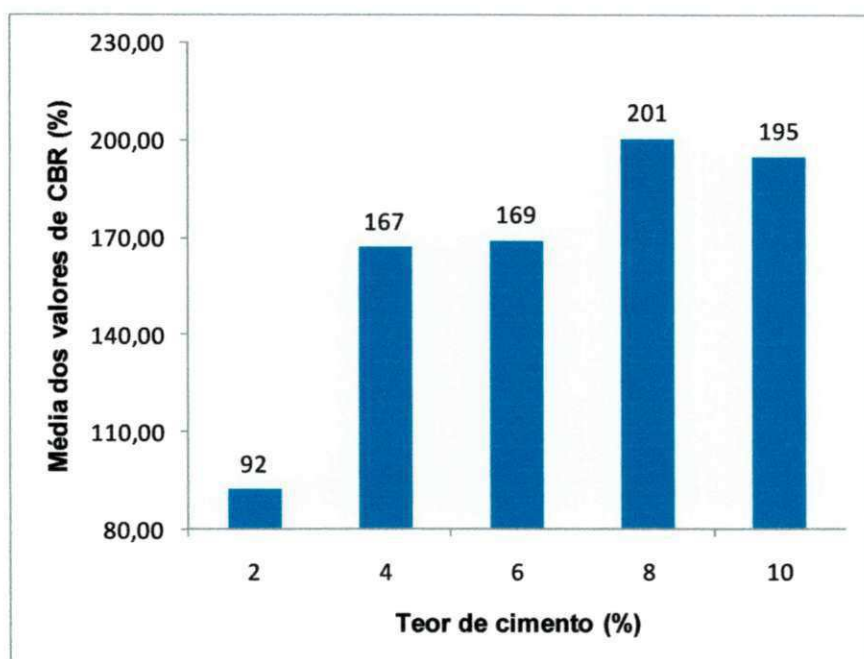


Figura 4.10 - Efeito da adição de cimento à mistura nos valores de CBR.

Analisando os resultados das figuras 4.9 e 4.10, observa-se que o aumento do teor de cal e de cimento implicou em um aumento significativo no valor do CBR quando comparado aos valores obtidos da mistura a 55% de solo e 45% de material fresado

(Experimento Piloto), provavelmente ocasionado pelo processo de cimentação através das reações químicas no interior da amostra com os agentes cimentícios (cal e cimento).

A tabela 4.10 apresenta os valores de CBR e de Expansão (ambos na energia Proctor Intermediário) adotados pelo DNIT para solos estabilizados ou melhorados com cimento. Salienta-se que os valores de referência fazem parte das especificações de serviços para uso em estradas com tráfego pesado, calculados para $N > 5 \times 10^6$.

Tabela 4.10 – Valores de referência para solos melhorados com cimento portland.

Camada do Pavimento	CBR	Expansão
Sub-base (ES-140/10)	$\geq 30\%$	Máxima de 1%
Base (ES-142/10)	$\geq 80\%$	Máxima de 0,5%

Fonte: DNIT.

Nas tabelas 4.11 e 4.12 estão os resultados detalhados dos ensaios de CBR (%), bem como os valores obtidos para umidade (%), massa específica aparente seca (g/cm^3) e expansão (%) obtidos para as misturas de solo-MF-cal e solo-MF-cimento.

Tabela 4.11 – Resultados dos ensaios de CBR variando o teor de cal.

Teores de cal (%)	Umidade (%)	Massa específica aparente seca corpo-de-prova (g/cm^3)	CBR (%)	Média dos valores de CBR %	Expansão (%)
2	9,0	1,80	57	46	0,03
	8,4	1,97	59		0,09
	7,6	1,80	22		0,04
4	10,7	1,81	64	68	0,04
	8,6	2,03	66		0,03
	8,7	2,11	75		0,06
6	8,8	2,06	64	76	0,07
	8,0	2,07	91		0,03
	9,0	1,96	73		0,08
8	9,4	2,01	81	81	0,09
	9,6	1,97	73		0,03
	8,4	2,00	89		0,09
10	6,9	1,96	115	75	0,05
	9,5	1,92	63		0,09
	10,7	1,95	48		0,04

Observa-se que os valores de CBR obtidos na pesquisa para as misturas contendo 2,0%, 4,0%, 6,0%, 8,0% e 10% de cal, são superiores aos valores recomendados pelo DNIT para uso em sub-bases, e a partir da adição de 8% de cal, o material já pode ser utilizado na execução de bases. Quanto à expansão, todos os valores obtidos estão em conformidade com as especificações de serviços da tabela 4.10.

Tabela 4.12 – Resultados dos ensaios de CBR variando o teor de cimento.

Teores de cimento (%)	Umidade (%)	Massa específica aparente seca corpo-de-prova (g/cm ³)	CBR (%)	Média dos valores de CBR %	Expansão (%)
2	10,6	1,95	78	92	0,04
	10,7	1,93	100		0,07
	10,8	1,98	99		0,06
4	9,1	2,06	189	167	0,07
	10,9	2,00	143		0,09
	11,0	1,96	170		0,07
6	12,3	1,89	184	169	0,09
	10,9	1,95	161		0,09
	9,9	1,92	162		0,12
8	11,7	1,88	251	201	0,08
	10,7	1,94	133		0,12
	10,2	1,98	218		0,09
10	10,1	1,94	199	195	0,10
	31,1	1,63	202		0,12
	10,4	1,94	184		0,08

Observa-se que os valores de CBR obtidos na pesquisa para as misturas contendo 2,0%, 4,0%, 6,0%, 8,0% e 10% de cimento, são superiores aos valores recomendados pelo DNIT para uso em sub-bases e bases, apresentando o maior ganho de resistência na mudança do teor de cal de 2% para 4%, representando um acréscimo 74,60% ao valor de CBR em relação ao teor de 2%. Quanto à expansão todos os valores obtidos estão em conformidade com as especificações de serviços da tabela 4.10.

Constata-se que a adição de cimento provocou um aumento mais significativo aos valores de CBR que a adição da cal, provavelmente devido às características da mistura

solo e material fresado que é predominantemente composta de areia, apresentando um pequeno percentual de finos (silte/argila), o que atenuou as reações químicas da cal.

A mistura composta por 45% de material fresado, 47 % de solo e 8% de cimento foi a que apresentou o maior acréscimo de resistência dentre os valores de CBR encontrados, com a expansão dentro do limite estabelecido pelo DNIT para utilização em sub-bases e bases de estradas.

4.2.4 Ensaios de Resistência à Compressão Simples

4.2.4.1 Resistência à compressão simples do solo

O solo utilizado na pesquisa foi submetido aos ensaios de compressão simples a fim de averiguar a resistência do solo puro e as variações ocorridas nas misturas com material fresado (MF), SOLO-MF-CAL e SOLO+MF+CIMENTO.

A tabela 4.13 mostra os resultados obtidos na execução do ensaio de compressão simples para amostra de solo (sem mistura).

Tabela 4.13 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão do solo (sem mistura)

Material utilizado	Umidade (%)	Massa específica aparente seca do corpo - de - prova (g/cm ³)	GC (%)	Resistência à Compressão Simples (MPa)	Média dos valores de Resistência à Comp. Simples (MPa)
SOLO	8,5	1,81	92	0,57	0,60
	8,8	1,82	93	0,68	
	8,7	1,80	92	0,55	

Conforme os dados apresentados na tabela 4.13, os valores obtidos nos ensaios de compressão simples do solo (sem mistura) restringiriam o uso do material apenas à execução de sub-bases. Segundo Baptista (1976), os valores mínimos de resistência à compressão simples recomendados pelo Departamento de Estradas de Rodagem do Texas, são de 0,35 MPa para sub-base e 0,70 MPa para bases.

4.2.4.2 Ensaios de resistência à compressão simples para as misturas

Tendo como base o percentual fixo de 45% de material fresado, obtido no experimento piloto, foram realizados os ensaios de resistência à compressão simples para as misturas de SOLO(55%) + MF(45%), SOLO-MF-CAL e SOLO+MF+CIMENTO, com os teores de 2,0%, 4,0%, 6,0%, 8,0% e 10% de cal ou cimento.

A tabela 4.14 apresenta os resultados encontrados nos ensaios de resistência à compressão simples para as misturas de SOLO(55%) + MF(45%), sem a adição de aglomerantes.

Tabela 4.14 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão do solo+MF.

Teor de MF (%)	Umidade (%)	Massa específica aparente seca do corpo - de - prova (g/cm ³)	GC (%)	Resistência à Compressão Simples (MPa)	Média dos valores de Resistência à Comp. Simples (MPa)
45	11,4	1,90	96	0,78	0,98
	12,1	1,92	97	1,00	
	11,1	1,95	98	1,16	

As figuras 4.11 e 4.12 apresentam os resultados de resistência à compressão simples obtida para as misturas de SOLO-MF-CAL e SOLO-MF-CIMENTO, fixando o teor de material fresado em 45%, conforme obtido no experimento piloto.

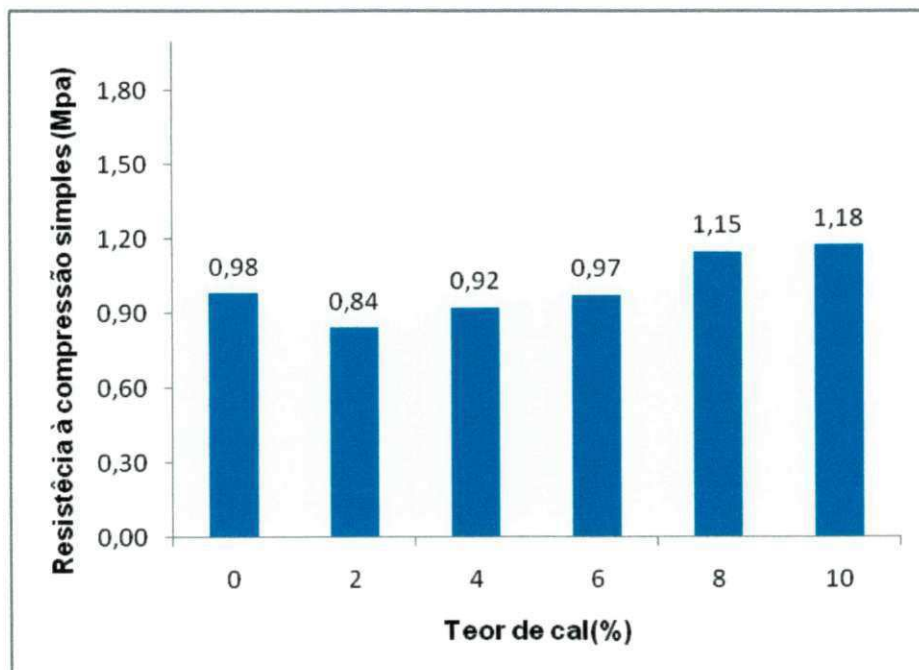


Figura 4.11 - Efeito do teor de cal nos valores da resistência à compressão simples.

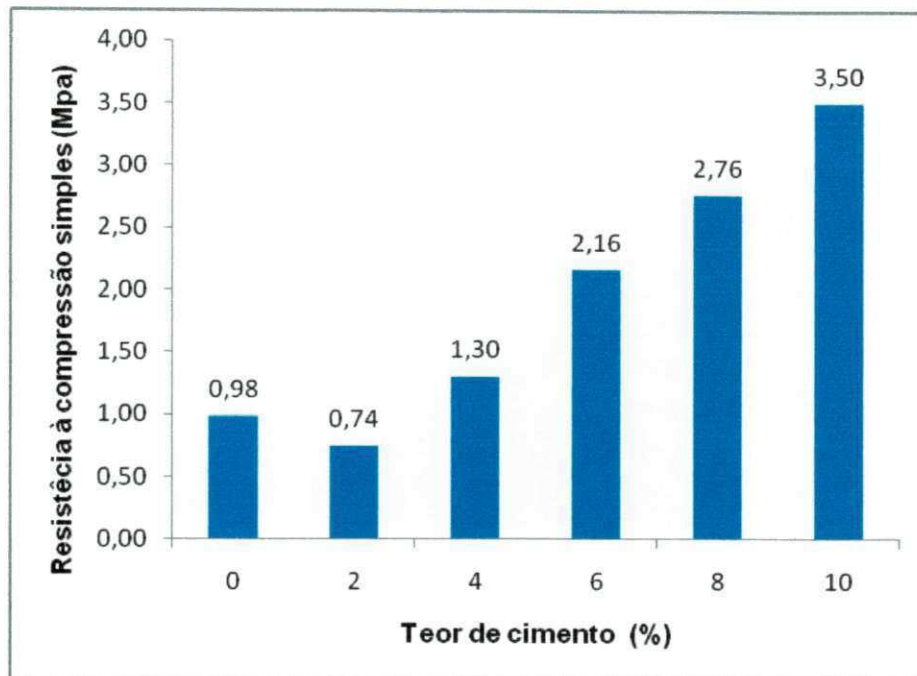


Figura 4.12 - Efeito do teor de cimento nos valores da resistência à compressão simples.

De acordo com as figuras 4.11 e 4.12, observa-se uma tendência de incremento nos valores de resistência à compressão simples em relação aos valores obtidos do solo puro e experimento piloto (55% solo + 45% MF).

Analisando os dados da figura 4.11, observa-se que a adição de cal acarretou um acréscimo gradativo e moderado da resistência à compressão, apresentando o valor mínimo de 0,84 MPa para 2% de cal e o máximo de 1,18 MPa para 10% de cal. Em relação ao experimento piloto, verifica-se que o acréscimo de resistência chegou a 0,20 MPa e que, a partir do teor de 8% de cal, ocorrem valores superiores à mistura de solo e material fresado sem a adição de cal.

Os dados apresentados na figura 4.12 demonstram que a adição de cimento provocou um acréscimo significativo e proporcional ao teor de aglomerante adicionado à mistura, apresentando o valor mínimo de 0,74 MPa, quando adicionado 2% de cimento e o máximo de 3,50 MPa, quando adicionado 10% de cimento. Em relação ao experimento piloto verifica-se que o acréscimo de resistência chegou a 2,52 MPa e que a partir do teor de 4% de cimento ocorrerão valores superiores à mistura de solo e material fresado sem a adição de cimento.

As tabelas 4.15 e 4.16 apresentam os resultados dos ensaios de resistência à compressão simples do experimento piloto e das misturas com adição de cal e de cimento.

Tabela 4.15 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão simples variando o teor de cal.

Teores de Cal (%)	Umidade (%)	Massa específica aparente seca do corpo - de - prova (g/cm ³)	GC (%)	Resistência à Compressão Simples (MPa)	Média dos valores de Resistência à Comp. Simples (MPa)
0	11,4	1,90	96	0,78	0,98
	12,1	1,92	97	1,00	
	11,1	1,95	98	1,16	
2	13,2	1,88	101	0,81	0,84
	12,7	1,90	102	0,82	
	14,0	1,89	101	0,89	
4	14,1	1,89	102	0,94	0,92
	12,6	1,90	102	0,88	
	13,5	1,88	101	0,94	
6	10,7	1,8	100	0,92	0,97
	11,4	1,87	100	1,06	
	10,3	1,85	99	0,94	
8	12,9	1,87	101	1,10	1,15
	12,8	1,89	102	1,04	
	13,0	1,89	102	1,30	
10	12,6	1,85	101	1,35	1,18
	13,9	1,84	100	1,16	
	13,1	1,84	100	1,02	

Tabela 4.16 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão simples variando o teor de cimento.

Teores de Cimento (%)	Umidade (%)	Massa específica aparente seca do corpo - de - prova (g/cm ³)	GC (%)	Resistência à Compressão Simples (MPa)	Média dos valores de Resistência à Comp. Simples (MPa)
0	11,4	1,90	96	0,78	0,98
	12,1	1,92	97	1,00	
	11,1	1,95	98	1,16	
2	9,5	1,85	96	0,67	0,74
	11,3	1,91	99	0,90	
	10,1	1,87	97	0,66	
4	9,6	1,89	99	1,12	1,30
	10,7	1,89	99	1,45	
	10,4	1,90	99	1,34	
6	11,1	1,93	101	1,95	2,16
	10,9	1,94	101	2,47	
	10,8	1,94	101	2,07	
8	11,5	1,93	100	2,52	2,76
	11,0	1,97	101	2,70	
	10,9	1,94	100	3,07	
10	9,9	1,94	97	3,27	3,50
	10,9	1,95	97	3,67	
	11,1	1,93	96	3,57	

Todos os valores encontrados nos ensaios de compressão simples do experimento piloto e das misturas com a adição de cimento e de cal foram superiores aos valores recomendados pelo Departamento de Estradas de Rodagem do Texas, que estabelecem uma resistência à compressão simples mínima de 0,35 MPa para sub-base e de 0,7 MPa para base.

4.3 Estudo econômico

A utilização do material fresado em substituição aos agregados britados ou naturais, além proporcionar a preservação dos recursos naturais, com a diminuição da exploração de jazidas de novos materiais, pode trazer uma solução de menor custo para a execução de obras rodoviárias. Portanto, neste trabalho, procurou-se realizar a comparação das misturas de solo e material fresado para a execução de camadas de sub-base, e solo material fresado e cimento, para a execução de camadas de base, com os menores percentuais que tornaram possível a utilização das misturas estudadas para execução de estradas com

tráfego pesado, em relação ao custo de misturas usualmente empregadas para execução de base e sub-base com solo de baixa capacidade de suporte, tendo como base de preço o Sistema de Custo Rodoviário do DNIT - SICRO II/PB (Referência jan/11).

A tabela 4.17 compara a mistura de SOLO (55%) + MF (45%), que apresentou um valor de CBR compatível para execução de camadas de sub-base, com os preços de soluções usualmente adotadas pelo DNIT no SICRO II.

Tabela 4.17 – Comparação de preços para execução de sub-bases

Sub-base de melhorado com cimento (R\$/m ³)	Sub-base de solo areia AC (R\$/m ³)	Base estabiliz. Granul. c/ mistura (55% Solo + 45% MF) (R\$/m ³)
2 S 02 243 01	2 S 02 210 51	-
64,76	22,45	11,08

A tabela 4.18 compara a mistura de SOLO (53%) + MF (45%) + CIMENTO (2%), que apresentou o menor consumo de cimento e um valor de CBR compatível com a execução de camadas de base para tráfego pesado, com os preços de soluções usualmente adotadas pelo DNIT no SICRO II.

Tabela 4.18 – Comparação de preços para execução de bases

Base de brita graduada BC (R\$/m ³)	Base est. Granul. c/ mistura de solo brita BC (R\$/m ³)	Base estabiliz. c/ mistura (53% Solo + 45% MF + 2% Cimento) (R\$/m ³)
2 S 02 230 50	2 S 02 220 50	-
117,49	62,31	40,12

Nos preços dos serviços não foram considerados o transporte dos insumos e dos produtos de usinagem, que variam conforme cada caso de utilização e localização das centrais de usinagem e jazidas de exploração. Para as misturas de solo e material fresado, solo, material fresado e cimento foram elaboradas fichas de composição que estão no anexo deste trabalho, tendo com base de preços do SICRO II/PB (Referência jan/11).

Observa-se que as misturas de solo e material fresado e solo, material fresado e cimento viabilizam menor preço que as soluções apresentadas nas tabelas 4.17 e 4.18 à execução de camadas de base e sub-base com solos de baixa capacidade de suporte. Isto ocorre por minorar os gastos com a aquisição de insumos, tonando-se uma solução viável economicamente a ser adotada em uma obra rodoviária.

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

5.1 Conclusões

A pesquisa desenvolvida avaliou os resultados das misturas de solo, material fresado, cimento e cal para aplicação em camadas de base e sub-base de pavimentos rodoviários, de modo a disponibilizar uma alternativa técnica e ecologicamente viável à destinação final dos resíduos de fresagem de pavimentos asfálticos oriundos da restauração e manutenção de rodovias.

Foi observado que a adição de material fresado proporcionou o aumento significativo de resistência em relação ao solo puro, atingindo um CBR de 25 %, compatível com as especificações para uso em sub-bases de pavimentos rodoviários (DNIT- ES 301/97). Ao analisar o conjunto dos resultados obtidos para as misturas SOLO+MF, SOLO+MF+CAL e SOLO+MF+CIMENTO, pode-se concluir que os melhores resultados foram obtidos nas misturas de SOLO+MF+CIMENTO, em que todos os teores de cimento adotados possibilitaram o uso do material para execução de bases de pavimentos rodoviários, com o menor valor de CBR de 92%, acima do estabelecido pelo DNIT (CBR \geq 80%) para rodovias com tráfego pesado (DNIT- ES-142/10). Para todas as misturas, os valores de expansão foram compatíveis para uso em camadas de base e sub-base de rodovias, conforme as especificações do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT.

Os valores encontrados nos ensaios de compressão simples para o experimento piloto e para as misturas estudadas com material fresado foram satisfatórios, com resultados superiores aos recomendados pelo Departamento de Estradas de Rodagem do Texas (DOT-Texas, U.E. A), que preconizam uma resistência mínima à compressão simples de 0,35 MPa para materiais de sub-base e de 0,7 MPa para materiais de base.

Constata-se a viabilidade econômica das misturas de solo e material fresado e solo, material fresado e cimento, em relação às soluções usualmente empregadas para a execução de camadas de base e sub-base com solos de baixa capacidade de suporte, ocasionada principalmente pela redução de gastos com a aquisição de insumos,

proporcionando, além de uma solução econômica, a preservação dos recursos naturais, com a diminuição da exploração de jazidas de novos materiais.

5.2 Sugestões para trabalhos futuros

A pesquisa realizada utilizando o material fresado gerado nas atividades de manutenção e restauração rodoviária, deve ser vista como um estudo inicial para outras pesquisas que envolvam o aperfeiçoamento das atividades propostas.

Com isso, sugere-se:

- Realização de ensaios de módulo de resiliência, com a finalidade de ampliar o conhecimento sobre o comportamento das misturas com solo+MF+cimento para uso em base e/ou sub-base de pavimentos;
- Executar e acompanhar o comportamento de um trecho experimental utilizando a mistura de solo+MF+cimento com as proporções estudadas neste trabalho;
- Executar ensaios de Cone de Penetração Dinâmica (DCP) e CBR *in situ* no trecho experimental, com a finalidade de obter correlações entre os ensaios realizados em laboratório e no campo;
- Realizar ensaios de absorção, sanidade e teste de impacto com o material fresado, a fim de obter mais dados para a sua caracterização;
- Avaliar a deflexões do trecho experimental através dos ensaios de viga Benkelman, realizando retroanálise dos dados obtidos;
- Realizar o estudo das propriedades mecânicas de misturas com solo argiloso, material fresado e cal;

- Realizar o estudo do aproveitamento do material fresado em outros serviços dentro da construção de rodovias;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, EB-22. Peneiras para ensaio com telas de tecido metálico. Rio de Janeiro, 1988.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR-6457. Amostras de solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 1986.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR-6459. Solo – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 1984.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR-6474. Cimento portland e outros materiais em pó: determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 1984.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR-6508. Determinação da massa específica dos sólidos do solo. Rio de Janeiro, 1984.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR-7180. Solo – Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 1984.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR-7207 – Terminologia e classificação de Pavimentação. Rio de Janeiro, 1982.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 9935 - Ensaio para identificação da amostra de Agregados. Rio de Janeiro, 1987.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR-12024. Solo cimento – Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1992.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR-12025. Solo cimento – Ensaio de compressão simples de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1990.
- ALVIM, I.M. **Fresagem & Reciclagem de Pavimentos e Suas Aplicações na Restauração de Rodovias**. 1999. Disponível em: <www.fresar.com.br> Acesso em 23/04/2011.
- ARAÚJO, L. M. D; FARIAS, M. M; JÚNIOR, F. M. V. **Estudo de Propriedades Mecânicas de Material Fresado Visando Incorporação em Camadas de Base Rodoviária**. Alabama, 2001.
- ASPHALT INSTITUTE - The Asphalt Handbook. Manual series nº 4, Lexington, KY, USA. 1989.
- ASTM - American Society for Testing and Materials - D 4887 - Standard Practice for Preparation of Viscosity Blends for Hot Recycled Bituminous Materials. USA, 2003.
- ATTOH-OKINE, N. O. **Lime treatment of laterite soils and gravels – revisited**. Construction and Building Materials , v.9, n.5, p.238-287,1995.

- BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo, 2007.
- BAPTISTA, C. N. **Pavimentação: Compactação dos Solos no Campo, Camadas de Base e Estabilização dos solos**, 4ªed. Rio de Janeiro: Globo, 1976.
- BATISTA, F. G. M. R. **Reabilitação de pavimentos flexíveis através de reciclagem com cimento**. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, 2009.
- BERNUCCI, L. B; MOTTA, L. M. G; CERATI, J. A. P; SOARES, J. B. **Pavimentação asfáltica**. Rio de Janeiro, 2007.
- BONFIM, V. **Fresagem de Pavimentos Asfálticos**. São Paulo: Fazendo Arte, 2007.
- CARNEIRO, A. P; BURGOS, P. C; ALBERTE, E. P. V. **Uso do agregado reciclado em camadas de base e sub-base de pavimentos**, 2008. Disponível em: <www.eccosystems.com.br/2008/artigos/reciclagem/6ProjetoParareciclagemdeentulhodemateriaisdeconstrucao>. Acesso em: 05/05/2011.
- CORDEIRO, J. F. S. **Estabilização química e Solidificação do resíduo oleoso gerado nas atividades de E & P de petróleo, com solo para o uso em camadas de bases e/ou sub-bases de pavimentos rodoviários**. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2007.
- CRUZ, M; LURDES, S. **Avaliação do melhoramento de solos residuais graníticos com cimento e activadores**,2006. Disponível em: <bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/.../Congresso10CNG%20-%20resumo>. Acesso em: 05/05/2011.
- DER/PR - DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DO PARANÁ, ES - P31, Pavimentação – Fresagem à frio, 2005.
- DER/SP - DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO, ET-DE - P00/038, Fresagem de Pavimento Asfáltico, 2006.
- DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. Manual de restauração de pavimentos asfálticos. 2ª ed. Rio de Janeiro. 2006.
- DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, ES- 031. Pavimentos flexíveis, Concreto asfáltico, 2006.
- DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, ME- 035, Peneiras de malhas quadradas para análise granulométrica de solos, 1995.
- DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, ME- 049. Solos - Determinação do Índice de Suporte Califórnia, 1994.
- DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, ME- 053/94. Misturas Betuminosas – Porcentagem de Betume, 1994.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, ME- 080, Solos – Análise granulométrica por peneiramento, 1994.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, ME- 083, Agregados – Análise granulométrica, 1998.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, ES- 139, Solos – Pavimentação, Sub-base Estabilizada Granulometricamente, 2010.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, ES- 140, Solos – Pavimentação, Sub-base de Solo Melhorado com Cimento, 2010.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, ES- 141, Solos – Pavimentação, Base Estabilizada Granulometricamente, 2010.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, ES- 142, Solos – Pavimentação, Base de Solo Melhorado com Cimento, 2010.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, ME- 162/94, Solos – Ensaio de compactação utilizando amostras trabalhadas, 1994.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES, Sistema de Custos Rodoviário SICRO II/PB - janeiro, 2011.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. Manual de pavimentação. 2ª ed. Rio de Janeiro. 2006.

FONSECA, P. **Engenharia e Pavimento**, LTDA. 2009. Disponível em: <<http://www.recipav.pt/imagens/reciclagem>>. Acesso em: 24/04/2011.

HANSEN, T.C **Recycling of demolished concrete and masonry**. 2ªed. London: E&FN Spon, 1996. Part. 1, p.395

HERRIN, M; MTCHELL, H. **Soil Lime Mixtures**. Highway Research Board, p.99 – 138 (Bulletin H.R.R,304), Washington, 1961.

KANDHAL, P. **Recycling of Asphalt Pavements-an Overview**. Proceedings Association of Asphalt Paving Technologists-AAPT, USA, vol. 66, 1997.

LIMA, D. C; RÖHM, S. A; BARBOSA, P. S. A. **Estabilização de solos II – Técnicas e aplicações a solos da microrregião de Viçosa**. Viçosa: Empresa Universitária, p.32, 1993.

LOVATO, R. S. **Estudo do comportamento mecânico de um solo laterítico estabilizado com cal, aplicado à pavimentação**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

MARQUES, G. L. O. **Estabilização dos Solos para Fins de Pavimentação**. Notas de Aula, Capítulo 4. Juiz de Fora, 2009.

MOREIRA, J. P. V; GOMES, A. C; PEREIRA, P. **Contribuição para a reutilização de material fresado em camadas estruturais de pavimento**. Lisboa, 2006.

OLIVEIRA, P. C. A; SANT' ANNA, F. M. G; SOUZA, F. S. V. **Restauração do pavimento da rodovia SP-351 através de reciclagem das camadas de capa e base com adição de cimento portland e brita**. Belo Horizonte, 2004. Disponível em: <www.fresar.com.br/cin/SIPR%20Rec.cim%20BR>. Acesso em: 05/05/2011.

ORTIGÃO, J. A. R. **Introdução à Mecânica dos Solos dos Estados Críticos**. 3ªed. Rio de Janeiro, p.385, 2007.

PINTO, T. P. **Manual de uso dos resíduos de construção reciclados**. São Paulo: I & T,1998.

PORTER, O. J. **Development of the original method for highway**. Transactions. ASCE. Vol 115,1950.

RICCI, G. **Estudo de características mecânicas do concreto compactado com rolo com agregados reciclados de construção e de demolição para pavimentação**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2007.

RODRIGUES, J. K. G; MORAIS, C. A. S; LUCENA, A. E. F. L; LUCENA, L. C. F. L. **Manual, Avaliação e Restauração de Pavimentos de Vias Urbanas**. Campina Grande, 2008.

ROSA, J. B; FERREIRA, C. J; GUIMARÃES, R. C. **Estabilização de solos com cal para uso em pavimentação**. Unidade universitária de ciência exatas e tecnológicas, UEG, 2006. Disponível em: <www.prp.ueg.br/06v1/conteudo/pesquisa/inic.../estabilizacao_solo>. Acesso em: 05/05/2011.

SANTANA, H. **Manual de Pré-misturado a Frio**.IBP. Rio de Janeiro: Comissão de Asfalto. 1993.

SANTOS, C. B. **Utilização de resíduos oleosos provenientes das atividades de exploração e produção de petróleo para aplicação em camadas estabilizadas de bases e sub-bases de pavimentos rodoviários**. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2010.

SENÇO, W. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. 1ªed. São Paulo, v.1, p.746, 1997.

SENÇO, W. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. 1ªed. São Paulo, V.2, p.734, 1997.


SOUTO, H. M; SOARES, J. B.11ª reunião de pavimentação urbana. Porto Alegre, 2002.

YODER , E. J; WITCZAK, M. W. **Principles of pavement design**. 2ªed. New York, 1975.

ANEXO A

ENSAIOS DE CBR E EXPANSÃO

CBR						
MISTURA: SOLO PURO			OPERADOR: IGOR			
JAZIDA: POLÍCIA RODOVIÁRIA, BR 101/LOTE 05			DATA: 24/11/2010			
LOCAL DO ENSAIO: LABORATÓRIO DA UFCG						
DADOS			UMIDADE DE MOLDAGEM			
Densidade máxima (g/cm ³)	1,987		Cápsula N°	C - 37	C - 1	
Umidade ótima ho (%)	10,04		Peso bruto úmido (g)	75,32	74,86	
Umidade higroscópica hi (%)	0,57		Peso bruto seco (g)	70,62	72,05	
ho - hi (%)	9,47		Tara da cápsula (g)	14,16	15,29	
Cilindro N°	7		Peso da água (g)	4,7	2,81	
Altura H (mm)	115		Peso do solo seco (g)	56,46	56,76	
Volume V (cm ³)	2058,36		Teor de umidade (%)	8,32	4,95	
Tara T (g)	7555		Teor médio de umidade (%)	6,64		
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA			VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM			
Peso do solo seco (g)			6000		Peso bruto do corpo-de-prova úmido (g)	
					11760	
Peso do solo a utilizar (g)			5965,99		Peso do corpo-de-prova úmido (g)	
					4205	
Água a juntar (g)			564,98		Densidade do corpo-de-prova úmido (g/cm ³)	
					2,04	
					Densidade do corpo-de-prova seco (g/cm ³)	
					1,92	
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura no	Pressão (Kg/cm ²)		cte do ensaio =
Tempo	pol	mm	Extensômetro (Kg)	Determinada	Padrão	0,1015
30s	0,025	0,63	25	2,54		CBR (%)
1 min.	0,05	1,27	35	3,55		
2 min.	0,1	2,54	47	4,77	70	6,82
4 min.	0,2	5,00	60	6,09	105	5,80
6 min.	0,3	7,62	78	7,92	133	
8 min.	0,4	10,16	95	9,64	161	
10 min.	0,5	12,70			182	
EXPANSÃO DA AMOSTRA INUNDADA						
Datas		Leitura no		Diferença (mm)		Expansão (%)
Dia	Hora	Extensômetro (Kg)				
17/11/2010	09:00	0,20		0,2		0,17
24/11/2010	09:00	0,40				
CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO						

CBR						
MISTURA: SOLO PURO				OPERADOR: IGOR		
JAZIDA: POLÍCIA RODOVIÁRIA, BR 101/LOTE 05				DATA: 24/11/2010		
LOCAL DO ENSAIO: LABORATÓRIO DA UFCG						
DADOS			UMIDADE DE MOLDAGEM			
Densidade máxima (g/cm ³)	1,987		Cápsula N°	C - 28	C - 04	
Umidade ótima ho (%)	10,04		Peso bruto úmido (g)	78,72	77,85	
Umidade higroscópica hi (%)	0,57		Peso bruto seco (g)	73,08	72,20	
ho - hi (%)	9,47		Tara da cápsula (g)	13,9	13,31	
Cilindro N°	12		Peso da água (g)	5,64	5,65	
Altura H (mm)	113		Peso do solo seco (g)	59,18	58,89	
Volume V (cm ³)	2049,44		Teor de umidade (%)	9,53	9,59	
Tara T (g)	8030		Teor médio de umidade (%)	9,56		
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA			VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM			
Peso do solo seco (g)	6000		Peso bruto do corpo-de-prova úmido (g)	12355		
Peso do solo a utilizar (g)	5965,99		Peso do corpo-de-prova úmido (g)	4325		
Água a juntar (g)	564,98		Densidade do corpo-de-prova úmido (g/cm ³)	2,11		
			Densidade do corpo-de-prova seco (g/cm ³)	1,93		
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura no	Pressão (Kg/cm ²)		cte do ensaio = 0,1015
Tempo	pol	mm	Extensômetro (Kg)	Determinada	Padrão	CBR (%)
30s	0,025	0,63	45	4,57		
1 min.	0,05	1,27	64	6,50		
2 min.	0,1	2,54	87	8,83	70	12,62
4 min.	0,2	5,00	125	12,69	105	12,08
6 min.	0,3	7,62	160	16,24	133	
8 min.	0,4	10,16	195	19,79	161	
10 min.	0,5	12,70			182	
EXPANSÃO DA AMOSTRA INUNDADA						
Datas		Leitura no		Diferença (mm)		Expansão (%)
Dia	Hora	Extensômetro (Kg)		0,3		0,27
17/11/2010	09:00	0,20				
24/11/2010	09:00	0,50				
CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO						
						

CBR						
MISTURA: SOLO PURO				OPERADOR: IGOR		
JAZIDA: POLÍCIA RODOVIÁRIA, BR 101/LOTE 05				DATA: 24/11/2010		
LOCAL DO ENSAIO: LABORATÓRIO DA UFCG						
DADOS			UMIDADE DE MOLDAGEM			
Densidade máxima (g/cm ³)	1,987		Cápsula N°	C - 345	C - 26	
Umidade ótima ho (%)	10,04		Peso bruto úmido (g)	71,9	72,19	
Umidade higroscópica hi (%)	0,57		Peso bruto seco (g)	66,78	66,72	
ho - hi (%)	9,47		Tara da cápsula (g)	13,84	7,76	
Cilindro N°	4		Peso da água (g)	5,12	5,47	
Altura H (mm)	113		Peso do solo seco (g)	52,94	58,96	
Volume V (cm ³)	2022,56		Teor de umidade (%)	9,67	9,28	
Tara T (g)	7980		Teor médio de umidade (%)	9,47		
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA			VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM			
Peso do solo seco (g)			6000		Peso bruto do corpo-de-prova úmido (g)	
Peso do solo a utilizar (g)			5965,99		12075	
Água a juntar (g)			564,98		Peso do corpo-de-prova úmido (g)	
					4095	
					Densidade do corpo-de-prova úmido (g/cm ³)	
					2,02	
					Densidade do corpo-de-prova seco (g/cm ³)	
					1,85	
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura no	Pressão (Kg/cm ²)		cte do ensaio =
Tempo	pol	mm	Extensômetro (Kg)	Determinada	Padrão	0,1015
30s	0,025	0,63	11	1,12		CBR (%)
1 min.	0,05	1,27	16	1,62		
2 min.	0,1	2,54	20	2,03	70	2,90
4 min.	0,2	5,00	31	3,15	105	3,00
6 min.	0,3	7,62	42	4,26	133	
8 min.	0,4	10,16	55	5,58	161	
10 min.	0,5	12,70			182	
EXPANSÃO DA AMOSTRA INUNDADA						
Datas		Leitura no		Diferença (mm)		Expansão (%)
Dia	Hora	Extensômetro (Kg)				
17/11/2010	09:00	0,20		0,5		0,44
24/11/2010	09:00	0,70				

CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO

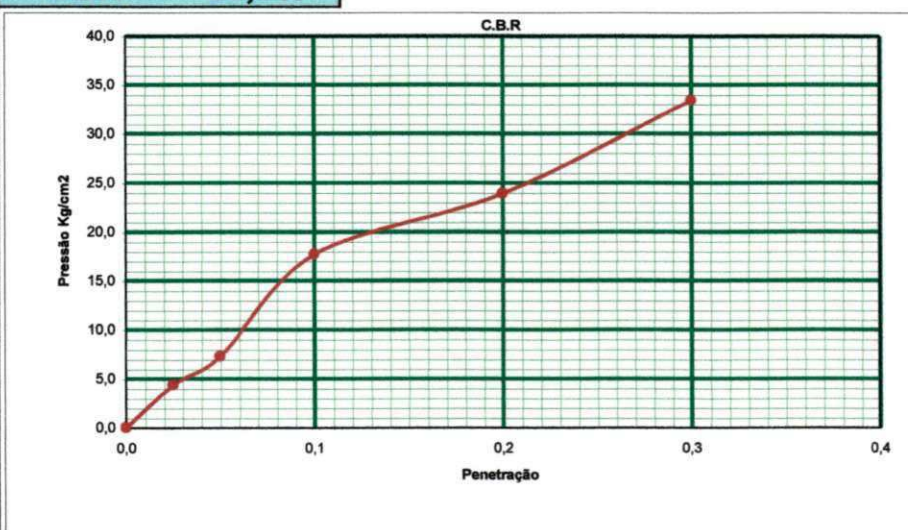
Penetração (mm)	Pressão Determinada (kg/cm ³)
0,63	1,12
1,27	1,62
2,54	2,03
5,00	3,15
10,16	5,58

C.B.R.												
RODOVIA:		TRECHO:					SUB-TRECHO					
PROCED. SAIB. SUB-LEI. JAZIDA POLICIA		LOCAL / FURO / ESTACA:		LADO E-X-D		PROFUND. EM Cm:		REGISTRO Nº 01				
RODOVIÁRIA SOLO 55% + FRESADO 45%		OPERADOR: SD ARCANJO			DATA: 11/03/11		CALCULISTA: CB ADRIANO COSTA		VISTO:			
UMIDADE		Higroscópica			De Moldagem			Molde Nº		42		
Cápsula - Nº		37			57			Peso do Molde		5510		
Peso Bruto Úmido		87,00			79,10			Volume do Molde		2094		
Peso Bruto Seco		86,30			75,80			Nº de Camadas		05		
Peso da Cápsula		31,50			29,40			Golpes/Camada		26		
Peso da Água		0,70			3,30			Peso do Soquete		4536		
Peso do Solo Seco		54,80			46,40			Espessura do disco Espaçador		2 1/2"		
Umidade (%)		1,28			7,1			Altura do Cilindro (mm)		113,0		
Umidade Média (%)		1,28			7,1							
DADOS DE COMPACTAÇÃO						CÁLCULO DA ÁGUA				Anel Din.		
Densidade Máxima - Kg/m ³		1,987				Peso do Solo Passando na # Nº 4		Úmido		3600		
Umidade ótima - %		9,1						Seco		3555		
Umidade Higroscópica - %		1,3				Peso de Pedregulho Retido na # Nº 4		1028		20,56		
Diferença de Umidade - %		7,8				Água a Juntar		299		Constante k= 0,104		
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						Expansão						
Tempo min.	Penetração		Leitura		Pressão - Kg/cm ²			Datas		Leitura Defl. mm	Difer. mm	Exp. mm
	Pol	mm	Extens.	Determ.	Corrigido	Padrão	%	Dia	Hora			
30 seg	0,025	0,63	40	4,2				11-mar	10:00	1,00	0,00	0,00
1	0,05	1,27	90	9,4								
2	0,1	2,54	180	18,7	18,7	70	26,7	12-mar	10:00	1,02	0,02	0,02
4	0,2	5,08	263	27,4	27,4	105	26,0					
6	0,3	7,62	317	33,0		133		13-mar	10:00	1,04	0,04	0,04
8	0,4	10,16	350			161						
10	0,5	12,7	375			182		14-mar	10:00	1,07	0,07	0,06
Moldagem de Verificação		CBR 26,7%										
Peso Bruto Úmido		9.990										
Peso Úmido		4.480										
Densidade Úmida		2,139										
Densidade Seca		1,997										
Grau de Compactação		100,5%										
Obs:												

CBR 26,7%


Penetração	Pressão (Kg/cm ²)
0,0	0,0
0,025	4,2
0,05	9,4
0,1	18,7
0,2	27,4
0,3	33,0

C.B.R.																							
RODOVIA:		TRECHO:					SUB-TRECHO																
PROCED. SAIB. SUB-LEI:		LOCAL / FURO / ESTACA:		LADO E-X-D		PROFUND. EM Cm:		REGISTRO Nº															
JAZIDA POLICIA								01															
RODOVIÁRIA SOLO 55% + FRESADO 45%		OPERADOR:			DATA:		CALCULISTA:		VISTO:														
		SD ARCANJO			11/03/11		3º SGT ERIK																
UMIDADE		Higroscópica			De Moldagem			Molde Nº		40													
Cápsula - Nº		42			90			Peso do Molde		4550													
Peso Bruto Úmido		88,30			80,20			Volume do Molde		2095													
Peso Bruto Seco		88,05			76,20			Nº de Camadas		05													
Peso da Cápsula		31,50			29,40			Golpes/Camada		26													
Peso da Água		0,25			4,00			Peso do Soquete		4536													
Peso do Solo Seco		56,55			46,80			Espessura do disco Espaçador		2 1/2"													
Umidade (%)		0,44			8,5			Altura do Cilindro (mm)		113,0													
Umidade Média (%)		0,44			8,5																		
DADOS DE COMPACTAÇÃO						CÁLCULO DA ÁGUA				Anel Din.													
Densidade Máxima - Kg/m ³		1,987			Peso do Solo		Úmido		3600		Nº 1												
Umidade ótima - %		9,1			Passando na # Nº 4		Seco		3584														
Umidade Higroscópica - %		0,4			Peso de Pedregulho Retido na # Nº 4		1028		20,56		Constante												
Diferença de Umidade - %		8,7			Água a Juntar		331		k= 0,104														
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						Expansão																	
Tempo min.		Penetração		Leitura		Pressão - Kg/cm ²				Datas		Leitura		Difer.		Exp.							
		Pol mm		Extens. mm		Determin.		Corrigido		Padrão		%		Dia		Hora		Defl. mm		mm		mm	
30 seg		0,025		0,63		42		4,4						11-mar		10:00		1,00		0,00		0,00	
1		0,05		1,27		70		7,3						12-mar		10:00		1,01		0,01		0,01	
2		0,1		2,54		170		17,7		70		25,3		13-mar		10:00		1,06		0,06		0,05	
4		0,2		5,08		230		23,9		105		22,8		14-mar		10:00		1,09		0,09		0,08	
6		0,3		7,62		321		33,4		133													
8		0,4		10,16		320				161													
10		0,5		12,7		340				182													
Moldagem de Verificação		CBR 25,3%																					
Peso Bruto Úmido																							
9.070																							
Peso Úmido																							
4.520																							
Densidade Úmida																							
2,158																							
Densidade Seca																							
1,988																							
Grau de Compactação																							
100,0%																							
Obs:																							




C.B.R.												
RODOVIA:		TRECHO:					SUB-TRECHO					
PROCED. SAIB. SUB-LEIT. JAZIDA POLICIA		LOCAL / FURO / ESTACA:			LADO E-X-D		PROFUND. EM Cm:		REGISTRO Nº			
RODOVIÁRIA SOLO 55% + FRESADO 45%		OPERADOR: SD ARCANJO			DATA: 11/03/11		CALCULISTA: CB ADRIANO COSTA		VISTO: 01			
UMIDADE		Higroscópica			De Moldagem			Molde Nº				
Cápsula - Nº		120			170			39		Peso do Molde		
Peso Bruto Úmido		90,05			76,20			2095		Volume do Molde		
Peso Bruto Seco		89,75			72,57			05		Nº de Camadas		
Peso da Cápsula		31,50			29,40			26		Golpes/Camada		
Peso da Água		0,30			3,63			4536		Peso do Soquete		
Peso do Solo Seco		58,25			43,17			2 1/2"		Espessura do disco Espaçador		
Umidade (%)		0,52			8,4			113,0		Altura do Cilindro (mm)		
Umidade Média (%)		0,52			8,4							
DADOS DE COMPACTAÇÃO						CÁLCULO DA ÁGUA				Anel Din.		
Densidade Máxima - Kg/m ³		1,987			Peso do Solo			Úmido		3600		
Umidade ótima - %		9,1			Passando na # Nº 4			Seco		3582		
Umidade Higroscópica - %		0,5			Peso de Pedregulho Retido na # Nº 4			1028		20,56		
Diferença de Umidade - %		8,6			Água a Juntar			328		k= 0,104		
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						Expansão						
Tempo min.	Penetração		Leitura		Pressão - Kg/cm ²				Datas		Expansão	
	Pol	mm	Extens.	Determ.	Corrigido	Padrão	%	Dia	Hora	Leitura Defl. mm	Difer. mm	Exp. mm
30 seg	0,025	0,63	32	3,3				11-mar	10:00	1,00	0,00	0,00
1	0,05	1,27	72	7,5								
2	0,1	2,54	155	16,1	16,1	70	23,0	12-mar	10:00	1,02	0,02	0,02
4	0,2	5,08	245	25,5	25,5	105	24,3					
6	0,3	7,62	287	29,8				13-mar	10:00	1,03	0,03	0,03
8	0,4	10,16	333									
10	0,5	12,7	340					14-mar	10:00	1,06	0,06	0,05
Moldagem de Verificação		CBR 24,3%										
Peso Bruto Úmido												
9.220												
Peso Úmido												
4.555												
Densidade Úmida												
2,174												
Densidade Seca												
2,006												
Grau de Compactação												
100,9%												
Obs:												
<p style="text-align: center;">C.B.R.</p>												

CBR																				
MISTURA: CAL 2% + SOLO 53% + FRESADO 45%				OPERADOR: IGOR																
JAZIDA: POLÍCIA RODOVIÁRIA, BR 101/LOTE 05				DATA: 21/03/2011																
LOCAL DO ENSAIO: LABORATÓRIO DA UFCG																				
DADOS			UMIDADE DE MOLDAGEM																	
Densidade máxima (g/cm ³)	1,862	Cápsula N°	C - 21	C - 30																
Umidade ótima ho (%)	13,73	Peso bruto úmido (g)	62	67,1																
Umidade higroscópica hi (%)	0,22	Peso bruto seco (g)	57,97	62,80																
ho - hi (%)	13,51	Tara da cápsula (g)	14,45	13,64																
Cilindro N°	10	Peso da água (g)	4,03	4,3																
Altura H (mm)	115,3	Peso do solo seco (g)	43,52	49,16																
Volume V (cm ³)	2085,71	Teor de umidade (%)	9,26	8,75																
Tara T (g)	5040	Teor médio de umidade (%)	9,00																	
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA			VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM																	
Peso do solo seco (g)	4660	Peso bruto do corpo-de-prova úmido (g)	9135																	
Peso do solo a utilizar (g)	4649,77	Peso do corpo-de-prova úmido (g)	4095																	
Água a juntar (g)	628,18	Densidade do corpo-de-prova úmido (g/cm ³)	1,96																	
		Densidade do corpo-de-prova seco (g/cm ³)	1,801																	
ENSAIO DE PENETRAÇÃO																				
Penetração			Leitura no	Pressão (Kg/cm ²)		cte do ensaio =														
Tempo	pol	mm	Extensômetro (Kg)	Determinada	Padrão	0,1015														
30s	0,025	0,63	55	5,58		CBR (%)														
1 min.	0,05	1,27	120	12,18																
2 min.	0,1	2,54	290	29,44	70	42,05														
4 min.	0,2	5,00	585	59,38	105	56,55														
6 min.	0,3	7,62	830	84,25	133															
8 min.	0,4	10,16	1075	109,11	161															
10 min.	0,5	12,70			182															
EXPANSÃO DA AMOSTRA INUNDADA																				
Datas		Leitura no	Diferença (mm)		Expansão (%)															
Dia	Hora	Extensômetro (Kg)																		
14/3/2011	09:00	0,20	0,04		0,03															
21/3/2011	09:00	0,24																		
CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO																				
<table border="1"> <caption>Dados do Gráfico de Curva Pressão-Penetração</caption> <thead> <tr> <th>Penetração (mm)</th> <th>Pressão Determinada (kg/cm³)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,63</td> <td>5,58</td> </tr> <tr> <td>1,27</td> <td>12,18</td> </tr> <tr> <td>2,54</td> <td>29,44</td> </tr> <tr> <td>5,00</td> <td>59,38</td> </tr> <tr> <td>7,62</td> <td>84,25</td> </tr> <tr> <td>10,16</td> <td>109,11</td> </tr> </tbody> </table>							Penetração (mm)	Pressão Determinada (kg/cm ³)	0,63	5,58	1,27	12,18	2,54	29,44	5,00	59,38	7,62	84,25	10,16	109,11
Penetração (mm)	Pressão Determinada (kg/cm ³)																			
0,63	5,58																			
1,27	12,18																			
2,54	29,44																			
5,00	59,38																			
7,62	84,25																			
10,16	109,11																			

CBR						
MISTURA: CAL 2% + SOLO 53% + FRESADO 45%				OPERADOR: IGOR		
JAZIDA: POLÍCIA RODOVIÁRIA, BR 101/LOTE 05				DATA: 21/03/2011		
LOCAL DO ENSAIO: LABORATÓRIO DA UFCG						
DADOS			UMIDADE DE MOLDAGEM			
Densidade máxima (g/cm ³)	1,862		Cápsula N°	C - 38	C - 31	
Umidade ótima ho (%)	13,73		Peso bruto úmido (g)	51,3	62,12	
Umidade higroscópica hi (%)	0,22		Peso bruto seco (g)	48,15	58,45	
ho - hi (%)	13,51		Tara da cápsula (g)	11,65	13,92	
Cilindro N°	3		Peso da água (g)	3,15	3,67	
Altura H (mm)	117,00		Peso do solo seco (g)	36,50	44,53	
Volume V (cm ³)	2066,51		Teor de umidade (%)	8,63	8,24	
Tara T (g)	4830		Teor médio de umidade (%)	8,44		
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA			VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM			
Peso do solo seco (g)			4700		Peso bruto do corpo-de-prova úmido (g)	
Peso do solo a utilizar (g)			4689,68		9190	
Água a juntar (g)			633,58		Peso do corpo-de-prova úmido (g)	
					4360	
					Densidade do corpo-de-prova úmido (g/cm ³)	
					2,11	
					Densidade do corpo-de-prova seco (g/cm ³)	
					1,946	
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura no	Pressão (Kg/cm ²)		cte do ensaio = 0,1015
Tempo	pol	mm	Extensômetro (Kg)	Determinada	Padrão	CBR (%)
30s	0,025	0,63	80	8,12		
1 min.	0,05	1,27	160	16,24		
2 min.	0,1	2,54	310	31,47	70	44,95
4 min.	0,2	5,00	610	61,92	105	58,97
6 min.	0,3	7,62	810	82,22	133	
8 min.	0,4	10,16	1010	102,52	161	
10 min.	0,5	12,70			182	
EXPANSÃO DA AMOSTRA INUNDADA						
Datas		Leitura no	Diferença (mm)		Expansão (%)	
Dia	Hora	Extensômetro (Kg)				
14/3/2011	09:00	0,20	0,1		0,09	
21/3/2011	09:00	0,30				
CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO						
						

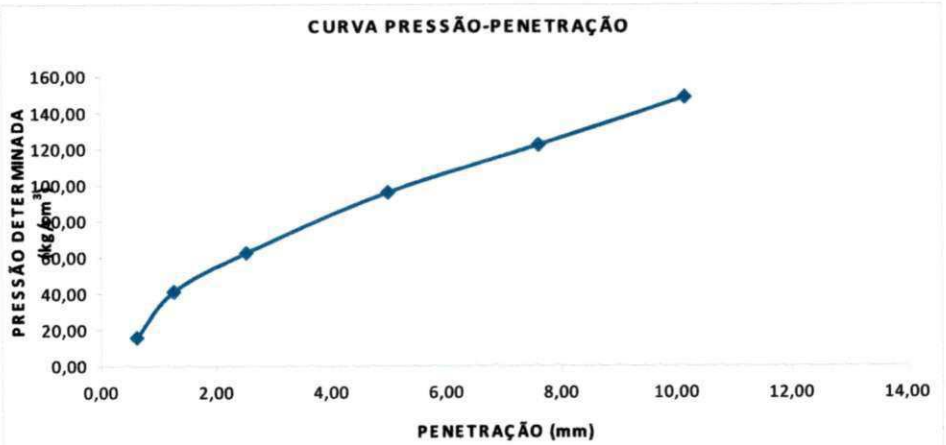
CBR						
MISTURA: CAL 2% + SOLO 53% + FRESADO 45%			OPERADOR: IGOR			
JAZIDA: POLÍCIA RODOVIÁRIA, BR 101/LOTE 05			DATA: 21/03/2011			
LOCAL DO ENSAIO: LABORATÓRIO DA UFCG						
DADOS			UMIDADE DE MOLDAGEM			
Densidade máxima (g/cm ³)	1,862		Cápsula N°	C - 01	C - 29	
Umidade ótima ho (%)	13,73		Peso bruto úmido (g)	62	49,7	
Umidade higroscópica hi (%)	0,22		Peso bruto seco (g)	58,62	47,20	
ho - hi (%)	13,51		Tara da cápsula (g)	15,43	13,7	
Cilindro N°	13		Peso da água (g)	3,38	2,5	
Altura H (mm)	116		Peso do solo seco (g)	43,19	33,5	
Volume V (cm ³)	2103,85		Teor de umidade (%)	7,83	7,46	
Tara T (g)	4349		Teor médio de umidade (%)	7,64		
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA			VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM			
Peso do solo seco (g)	4405		Peso bruto do corpo-de-prova úmido (g)	8430		
Peso do solo a utilizar (g)	4395,33		Peso do corpo-de-prova úmido (g)	4081		
Água a juntar (g)	593,81		Densidade do corpo-de-prova úmido (g/cm ³)	1,94		
			Densidade do corpo-de-prova seco (g/cm ³)	1,802		
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura no	Pressão (Kg/cm ²)		cte do ensaio = 0,1015
Tempo	pol	mm	Extensômetro (Kg)	Determinada	Padrão	CBR (%)
30s	0,025	0,63	31	3,15		
1 min.	0,05	1,27	56	5,68		
2 min.	0,1	2,54	103	10,45	70	14,94
4 min.	0,2	5,00	223	22,63	105	21,56
6 min.	0,3	7,62	355	36,03	133	
8 min.	0,4	10,16	487	49,43	161	
10 min.	0,5	12,70			182	
EXPANSÃO DA AMOSTRA INUNDADA						
Datas		Leitura no		Diferença (mm)		Expansão (%)
Dia	Hora	Extensômetro (Kg)				
14/3/2011	09:00	0,20		0,05		0,04
21/3/2011	09:00	0,25				
CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO						

CBR						
MISTURA: CAL 4% + SOLO 51% + FRESADO 45%				OPERADOR: IGOR		
JAZIDA: POLÍCIA RODOVIÁRIA, BR 101/LOTE 05				DATA: 21/03/2011		
LOCAL DO ENSAIO: LABORATÓRIO DA UFCG						
DADOS			UMIDADE DE MOLDAGEM			
Densidade máxima (g/cm ³)	1,853		Cápsula N°	C - 09	C - 37	
Umidade ótima ho (%)	14,38		Peso bruto úmido (g)	80,2	73,3	
Umidade higroscópica hi (%)	0,21		Peso bruto seco (g)	73,8	67,69	
ho - hi (%)	14,17		Tara da cápsula (g)	14,8	14,1	
Cilindro N°	7		Peso da água (g)	6,4	5,61	
Altura H (mm)	115		Peso do solo seco (g)	59,00	53,59	
Volume V (cm ³)	2058,36		Teor de umidade (%)	10,85	10,47	
Tara T (g)	4710		Teor médio de umidade (%)	10,66		
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA			VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM			
Peso do solo seco (g)			4590		Peso bruto do corpo-de-prova úmido (g)	
Peso do solo a utilizar (g)			4580,38		Peso do corpo-de-prova úmido (g)	
Água a juntar (g)			649,04		Densidade do corpo-de-prova úmido (g/cm ³)	
					Densidade do corpo-de-prova seco (g/cm ³)	
					2,00	
					1,807	
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura no	Pressão (Kg/cm²)		cte do ensaio =
			Extensômetro (Kg)	Determinada	Padrão	0,1015
Tempo	pol	mm				CBR (%)
30s	0,025	0,63	100	10,15		
1 min.	0,05	1,27	210	21,32		
2 min.	0,1	2,54	400	40,60	70	58,00
4 min.	0,2	5,00	660	66,99	105	63,80
6 min.	0,3	7,62	840	85,26	133	
8 min.	0,4	10,16	1020	103,53	161	
10 min.	0,5	12,70			182	
EXPANSÃO DA AMOSTRA INUNDADA						
Datas		Leitura no		Diferença (mm)		Expansão (%)
Dia	Hora	Extensômetro (Kg)				
14/3/2011	09:00	0,20		0,05		0,04
21/3/2011	09:00	0,25				
CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO						
						

CBR						
MISTURA: CAL 4% + SOLO 51% + FRESADO 45%				OPERADOR: IGOR		
JAZIDA: POLÍCIA RODOVIÁRIA, BR 101/LOTE 05				DATA: 21/03/2011		
LOCAL DO ENSAIO: LABORATÓRIO DA UFCG						
DADOS			UMIDADE DE MOLDAGEM			
Densidade máxima (g/cm ³)	1,853		Cápsula N°	C - 19	C - 36	
Umidade ótima ho (%)	14,38		Peso bruto úmido (g)	68,2	60	
Umidade higroscópica hi (%)	0,21		Peso bruto seco (g)	63,95	56,32	
ho - hi (%)	14,17		Tara da cápsula (g)	14,6	13,1	
Cilindro N°	9		Peso da água (g)	4,25	3,68	
Altura H (mm)	112,4		Peso do solo seco (g)	49,35	43,22	
Volume V (cm ³)	2031,30		Teor de umidade (%)	8,61	8,51	
Tara T (g)	5040		Teor médio de umidade (%)	8,56		
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA			VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM			
Peso do solo seco (g)			4380		Peso bruto do corpo-de-prova úmido (g)	
Peso do solo a utilizar (g)			4370,82		Peso do corpo-de-prova úmido (g)	
Água a juntar (g)			619,35		Densidade do corpo-de-prova úmido (g/cm ³)	
					2,20	
					Densidade do corpo-de-prova seco (g/cm ³)	
					2,029	
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura no	Pressão (Kg/cm²)		cte do ensaio =
			Extensômetro (Kg)	Determinada	Padrão	0,1015
Tempo	pol	mm				CBR (%)
30s	0,025	0,63	75	7,61		
1 min.	0,05	1,27	170	17,26		
2 min.	0,1	2,54	360	36,54	70	52,20
4 min.	0,2	5,00	687	69,73	105	66,41
6 min.	0,3	7,62	940	95,41	133	
8 min.	0,4	10,16	1193	121,09	161	
10 min.	0,5	12,70			182	
EXPANSÃO DA AMOSTRA INUNDADA						
Datas		Leitura no		Diferença (mm)		Expansão (%)
Dia	Hora	Extensômetro (Kg)				
14/3/2011	09:00	0,20		0,03		0,03
21/3/2011	09:00	0,23				
CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO						


CBR						
MISTURA: CAL 4% + SOLO 51% + FRESADO 45%				OPERADOR: IGOR		
JAZIDA: POLÍCIA RODOVIÁRIA, BR 101/LOTE 05				DATA: 21/03/2011		
LOCAL DO ENSAIO: LABORATÓRIO DA UFCG						
DADOS			UMIDADE DE MOLDAGEM			
Densidade máxima (g/cm ³)	1,853		Cápsula N°	C - 04	C - 18	
Umidade ótima ho (%)	14,38		Peso bruto úmido (g)	57,7	54,2	
Umidade higroscópica hi (%)	0,21		Peso bruto seco (g)	54,3	50,79	
ho - hi (%)	14,17		Tara da cápsula (g)	13,2	13,7	
Cilindro N°	8		Peso da água (g)	3,4	3,41	
Altura H (mm)	111,3		Peso do solo seco (g)	41,10	37,09	
Volume V (cm ³)	1986,77		Teor de umidade (%)	8,27	9,19	
Tara T (g)	4250		Teor médio de umidade (%)	8,73		
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA			VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM			
Peso do solo seco (g)			4565		Peso bruto do corpo-de-prova úmido (g)	
Peso do solo a utilizar (g)			4555,43		8805	
Água a juntar (g)			645,50		Peso do corpo-de-prova úmido (g)	
					4555	
					Densidade do corpo-de-prova úmido (g/cm ³)	
					2,29	
					Densidade do corpo-de-prova seco (g/cm ³)	
					2,109	
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura no		Pressão (Kg/cm²)	
			Extensômetro (Kg)		Padrão	
Tempo	pol	mm			cte do ensaio = 0,1015	
30s	0,025	0,63	120		CBR (%)	
1 min.	0,05	1,27	250			
2 min.	0,1	2,54	480			
4 min.	0,2	5,00	775			
6 min.	0,3	7,62	1000			
8 min.	0,4	10,16	1225			
10 min.	0,5	12,70				
EXPANSÃO DA AMOSTRA INUNDADA						
Datas		Leitura no		Diferença (mm)		Expansão (%)
Dia	Hora	Extensômetro (Kg)				
14/3/2011	09:00	0,20		0,07		0,06
21/3/2011	09:00	0,27				
CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO						

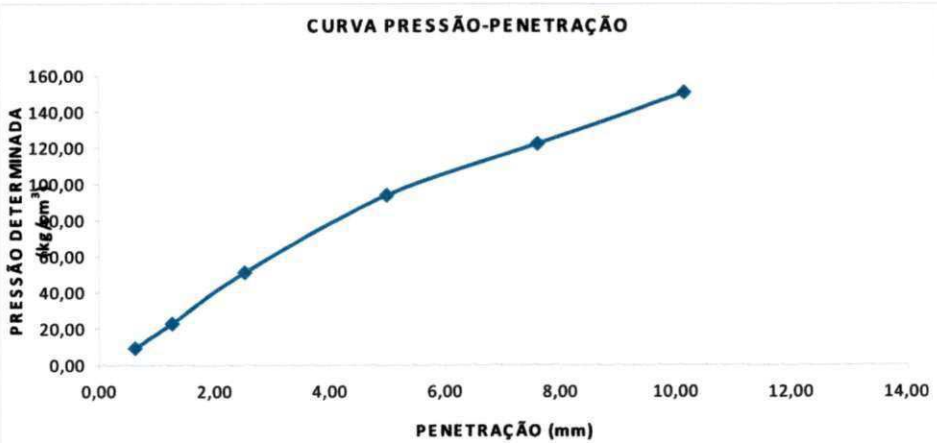
CBR																				
MISTURA: CAL 6% + SOLO 49% + FRESADO 45%				OPERADOR: IGOR																
JAZIDA: POLÍCIA RODOVIÁRIA, BR 101/LOTE 05				DATA: 21/03/2011																
LOCAL DO ENSAIO: LABORATÓRIO DA UFCG																				
DADOS			UMIDADE DE MOLDAGEM																	
Densidade máxima (g/cm ³)	1,899		Cápsula N°	C - 12	C - 23															
Umidade ótima ho (%)	12,02		Peso bruto úmido (g)	55,5	52,4															
Umidade higroscópica hi (%)	0,17		Peso bruto seco (g)	52,07	49,25															
ho - hi (%)	11,85		Tara da cápsula (g)	13,4	13,2															
Cilindro N°	12		Peso da água (g)	3,43	3,15															
Altura H (mm)	113,1		Peso do solo seco (g)	38,67	36,05															
Volume V (cm ³)	2049,44		Teor de umidade (%)	8,87	8,74															
Tara T (g)	4970		Teor médio de umidade (%)	8,80																
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA			VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM																	
Peso do solo seco (g)	4310		Peso bruto do corpo-de-prova úmido (g)	9570																
Peso do solo a utilizar (g)	4302,69		Peso do corpo-de-prova úmido (g)	4600																
Água a juntar (g)	509,87		Densidade do corpo-de-prova úmido (g/cm ³)	2,24																
			Densidade do corpo-de-prova seco (g/cm ³)	2,063																
ENSAIO DE PENETRAÇÃO																				
Penetração			Leitura no	Pressão (Kg/cm²)		cte do ensaio = 0,1015														
Tempo	pol	mm	Extensômetro (Kg)	Determinada	Padrão	CBR (%)														
30s	0,025	0,63	140	14,21																
1 min.	0,05	1,27	240	24,36																
2 min.	0,1	2,54	410	41,62	70	59,45														
4 min.	0,2	5,00	660	66,99	105	63,80														
6 min.	0,3	7,62	900	91,35	133															
8 min.	0,4	10,16	1140	115,71	161															
10 min.	0,5	12,70			182															
EXPANSÃO DA AMOSTRA INUNDADA																				
Datas		Leitura no		Diferença (mm)		Expansão (%)														
Dia	Hora	Extensômetro (Kg)																		
14/3/2011	09:00	0,20		0,08		0,07														
21/3/2011	09:00	0,28																		
CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO																				
<table border="1"> <caption>Dados para o Gráfico de Curva Pressão-Penetração</caption> <thead> <tr> <th>Penetração (mm)</th> <th>Pressão Determinada (kg/cm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,63</td> <td>14,21</td> </tr> <tr> <td>1,27</td> <td>24,36</td> </tr> <tr> <td>2,54</td> <td>41,62</td> </tr> <tr> <td>5,00</td> <td>66,99</td> </tr> <tr> <td>7,62</td> <td>91,35</td> </tr> <tr> <td>10,16</td> <td>115,71</td> </tr> </tbody> </table>							Penetração (mm)	Pressão Determinada (kg/cm ²)	0,63	14,21	1,27	24,36	2,54	41,62	5,00	66,99	7,62	91,35	10,16	115,71
Penetração (mm)	Pressão Determinada (kg/cm ²)																			
0,63	14,21																			
1,27	24,36																			
2,54	41,62																			
5,00	66,99																			
7,62	91,35																			
10,16	115,71																			

CBR						
MISTURA: CAL 6% + SOLO 49% + FRESADO 45%				OPERADOR: IGOR		
JAZIDA: POLÍCIA RODOVIÁRIA, BR 101/LOTE 05				DATA: 21/03/2011		
LOCAL DO ENSAIO: LABORATÓRIO DA UFCG						
DADOS			UMIDADE DE MOLDAGEM			
Densidade máxima (g/cm ³)	1,899		Cápsula N°	C - 08	C - 345	
Umidade ótima ho (%)	12,02		Peso bruto úmido (g)	74,8	72,85	
Umidade higroscópica hi (%)	0,17		Peso bruto seco (g)	70,41	68,41	
ho - hi (%)	11,85		Tara da cápsula (g)	14,3	13,93	
Cilindro N°	2		Peso da água (g)	4,39	4,44	
Altura H (mm)	114		Peso do solo seco (g)	56,11	54,48	
Volume V (cm ³)	2267,08		Teor de umidade (%)	7,82	8,15	
Tara T (g)	4185		Teor médio de umidade (%)	7,99		
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA			VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM			
Peso do solo seco (g)			4535		Peso bruto do corpo-de-prova úmido (g)	
Peso do solo a utilizar (g)			4527,30		Peso do corpo-de-prova úmido (g)	
Água a juntar (g)			536,49		Densidade do corpo-de-prova úmido (g/cm ³)	
					2,24	
					Densidade do corpo-de-prova seco (g/cm ³)	
					2,073	
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura no	Pressão (Kg/cm ²)		cte do ensaio = 0,1015
Tempo	pol	mm	Extensômetro (Kg)	Determinada	Padrão	CBR (%)
30s	0,025	0,63	150	15,23		
1 min.	0,05	1,27	400	40,60		
2 min.	0,1	2,54	610	61,92	70	88,45
4 min.	0,2	5,00	940	95,41	105	90,87
6 min.	0,3	7,62	1200	121,80	133	
8 min.	0,4	10,16	1460	148,19	161	
10 min.	0,5	12,70			182	
EXPANSÃO DA AMOSTRA INUNDADA						
Datas		Leitura no		Diferença (mm)		Expansão (%)
Dia	Hora	Extensômetro (Kg)				
14/3/2011	09:00	0,20		0,04		0,04
21/3/2011	09:00	0,24				
CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO						
						

CBR						
MISTURA: CAL 6% + SOLO 49% + FRESADO 45%				OPERADOR: IGOR		
JAZIDA: POLÍCIA RODOVIÁRIA, BR 101/LOTE 05				DATA: 21/03/2011		
LOCAL DO ENSAIO: LABORATÓRIO DA UFCG						
DADOS			UMIDADE DE MOLDAGEM			
Densidade máxima (g/cm ³)	1,899		Cápsula N°	C - 22	C - 39	
Umidade ótima ho (%)	12,02		Peso bruto úmido (g)	63,9	66,5	
Umidade higroscópica hi (%)	0,17		Peso bruto seco (g)	59,81	62,20	
ho - hi (%)	11,85		Tara da cápsula (g)	14,25	14,1	
Cilindro N°	11		Peso da água (g)	4,09	4,3	
Altura H (mm)	120		Peso do solo seco (g)	45,56	48,1	
Volume V (cm ³)	2263,16		Teor de umidade (%)	8,98	8,94	
Tara T (g)	4515		Teor médio de umidade (%)	8,96		
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA			VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM			
Peso do solo seco (g)			4585		Peso bruto do corpo-de-prova úmido (g)	
Peso do solo a utilizar (g)			4577,22		Peso do corpo-de-prova úmido (g)	
Água a juntar (g)			542,40		Densidade do corpo-de-prova úmido (g/cm ³)	
					Densidade do corpo-de-prova seco (g/cm ³)	
					2,13	
					1,959	
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura no	Pressão (Kg/cm²)		cte do ensaio = 0,1015
	pol	mm	Extensômetro (Kg)	Determinada	Padrão	CBR (%)
Tempo						
30s	0,025	0,63	105	10,66		
1 min.	0,05	1,27	250	25,38		
2 min.	0,1	2,54	485	49,23	70	70,33
4 min.	0,2	5,00	757	76,84	105	73,18
6 min.	0,3	7,62	945	95,92	133	
8 min.	0,4	10,16	1133	115,00	161	
10 min.	0,5	12,70			182	
EXPANSÃO DA AMOSTRA INUNDADA						
Datas		Leitura no		Diferença (mm)		Expansão (%)
Dia	Hora	Extensômetro (Kg)				
14/3/2011	09:00	0,20		0,09		0,08
21/3/2011	09:00	0,29				
CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO						

CBR						
MISTURA: CAL 8% + SOLO 47% + FRESADO 45%				OPERADOR: IGOR		
JAZIDA: POLÍCIA RODOVIÁRIA, BR 101/LOTE 05				DATA: 21/03/2011		
LOCAL DO ENSAIO: LABORATÓRIO DA UFCG						
DADOS			UMIDADE DE MOLDAGEM			
Densidade máxima (g/cm ³)	1,855		Cápsula N°	C - 11	C - 24	
Umidade ótima ho (%)	14,06		Peso bruto úmido (g)	69,7	63,7	
Umidade higroscópica hi (%)	0,265		Peso bruto seco (g)	64,87	59,44	
ho - hi (%)	13,795		Tara da cápsula (g)	14	14,2	
Cilindro N°	6		Peso da água (g)	4,83	4,26	
Altura H (mm)	114		Peso do solo seco (g)	50,87	45,24	
Volume V (cm ³)	2067,58		Teor de umidade (%)	9,49	9,42	
Tara T (g)	4885		Teor médio de umidade (%)	9,46		
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA			VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM			
Peso do solo seco (g)			4545		Peso bruto do corpo-de-prova úmido (g)	
Peso do solo a utilizar (g)			4532,99		Peso do corpo-de-prova úmido (g)	
Água a juntar (g)			625,33		Densidade do corpo-de-prova úmido (g/cm ³)	
					2,20	
					Densidade do corpo-de-prova seco (g/cm ³)	
					2,008	
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura no	Pressão (Kg/cm ²)		cte do ensaio = 0,1015
Tempo	pol	mm	Extensômetro (Kg)	Determinada	Padrão	CBR (%)
30s	0,025	0,63	90	9,14		
1 min.	0,05	1,27	172	17,46		
2 min.	0,1	2,54	345	35,02	70	50,03
4 min.	0,2	5,00	834	84,65	105	80,62
6 min.	0,3	7,62	880	89,32	133	
8 min.	0,4	10,16	926	93,99	161	
10 min.	0,5	12,70		182		
EXPANSÃO DA AMOSTRA INUNDADA						
Datas		Leitura no		Diferença (mm)		Expansão (%)
Dia	Hora	Extensômetro (Kg)				
14/3/2011	09:00	0,20		0,1		0,09
21/3/2011	09:00	0,30				
CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO						

CBR						
MISTURA: CAL 8% + SOLO 47% + FRESADO 45%				OPERADOR: IGOR		
JAZIDA: POLÍCIA RODOVIÁRIA, BR 101/LOTE 05				DATA: 21/03/2011		
LOCAL DO ENSAIO: LABORATÓRIO DA UFCC						
DADOS			UMIDADE DE MOLDAGEM			
Densidade máxima (g/cm ³)	1,855		Cápsula N°	C - 32	C - 40	
Umidade ótima ho (%)	14,06		Peso bruto úmido (g)	66,3	73	
Umidade higroscópica hi (%)	0,265		Peso bruto seco (g)	61,64	67,82	
ho - hi (%)	13,795		Tara da cápsula (g)	13,55	13,55	
Cilindro N°	5		Peso da água (g)	4,66	5,18	
Altura H (mm)	114		Peso do solo seco (g)	48,09	54,27	
Volume V (cm ³)	2013,53		Teor de umidade (%)	9,69	9,54	
Tara T (g)	4305		Teor médio de umidade (%)	9,62		
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA			VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM			
Peso do solo seco (g)	4600		Peso bruto do corpo-de-prova úmido (g)	8655		
Peso do solo a utilizar (g)	4587,84		Peso do corpo-de-prova úmido (g)	4350		
Água a juntar (g)	632,89		Densidade do corpo-de-prova úmido (g/cm ³)	2,16		
			Densidade do corpo-de-prova seco (g/cm ³)	1,971		
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura no	Pressão (Kg/cm²)		cte do ensaio = 0,1015
Tempo	pol	mm	Extensômetro (Kg)	Determinada	Padrão	CBR (%)
30s	0,025	0,63	95	9,64		
1 min.	0,05	1,27	200	20,30		
2 min.	0,1	2,54	425	43,14	70	61,63
4 min.	0,2	5,00	750	76,13	105	72,50
6 min.	0,3	7,62	1040	105,56	133	
8 min.	0,4	10,16	1330	135,00	161	
10 min.	0,5	12,70			182	
EXPANSÃO DA AMOSTRA INUNDADA						
Datas		Leitura no		Diferença (mm)		Expansão (%)
Dia	Hora	Extensômetro (Kg)				
14/3/2011	09:00	0,20		0,03		0,03
21/3/2011	09:00	0,23				
CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO						
						

CBR						
MISTURA: CAL 8% + SOLO 47% + FRESADO 45%				OPERADOR: IGOR		
JAZIDA: POLÍCIA RODOVIÁRIA, BR 101/LOTE 05				DATA: 21/03/2011		
LOCAL DO ENSAIO: LABORATÓRIO DA UFCG						
DADOS			UMIDADE DE MOLDAGEM			
Densidade máxima (g/cm ³)	1,855		Cápsula N°	C - 26	C - 28	
Umidade ótima ho (%)	14,06		Peso bruto úmido (g)	65,4	72,3	
Umidade higroscópica hi (%)	0,265		Peso bruto seco (g)	60,64	68,04	
ho - hi (%)	13,795		Tara da cápsula (g)	7,76	13,91	
Cilindro N°	4		Peso da água (g)	4,76	4,26	
Altura H (mm)	113,5		Peso do solo seco (g)	52,88	54,13	
Volume V (cm ³)	2022,56		Teor de umidade (%)	9,00	7,87	
Tara T (g)	4855		Teor médio de umidade (%)	8,44		
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA			VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM			
Peso do solo seco (g)			4575		Peso bruto do corpo-de-prova úmido (g)	
Peso do solo a utilizar (g)			4562,91		Peso do corpo-de-prova úmido (g)	
Água a juntar (g)			629,45		Densidade do corpo-de-prova úmido (g/cm ³)	
					2,17	
					Densidade do corpo-de-prova seco (g/cm ³)	
					2,002	
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura no	Pressão (Kg/cm²)		cte do ensaio =
Tempo	pol	mm	Extensômetro (Kg)	Determinada	Padrão	CBR (%)
30s	0,025	0,63	85	8,63		
1 min.	0,05	1,27	220	22,33		
2 min.	0,1	2,54	500	50,75	70	72,50
4 min.	0,2	5,00	920	93,38	105	88,93
6 min.	0,3	7,62	1200	121,80	133	
8 min.	0,4	10,16	1480	150,22	161	
10 min.	0,5	12,70			182	
EXPANSÃO DA AMOSTRA INUNDADA						
Datas		Leitura no		Diferença (mm)		Expansão (%)
Dia	Hora	Extensômetro (Kg)				
14/3/2011	09:00	0,20		0,1		0,09
21/3/2011	09:00	0,30				
CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO						
						

CBR						
MISTURA: CAL 10% + SOLO 45% + FRESADO 45%				OPERADOR: IGOR		
JAZIDA: POLÍCIA RODOVIÁRIA, BR 101/LOTE 05				DATA: 21/03/2011		
LOCAL DO ENSAIO: LABORATÓRIO DA UFCG						
DADOS			UMIDADE DE MOLDAGEM			
Densidade máxima (g/cm ³)	1,842		Cápsula N°	C - 05	C - 06	
Umidade ótima ho (%)	14,32		Peso bruto úmido (g)	79	76,5	
Umidade higroscópica hi (%)	0,255		Peso bruto seco (g)	73,52	73,81	
ho - hi (%)	14,065		Tara da cápsula (g)	14,7	14,2	
Cilindro N°	32		Peso da água (g)	5,48	2,69	
Altura H (mm)	169		Peso do solo seco (g)	58,82	59,61	
Volume V (cm ³)	2095,00		Teor de umidade (%)	9,32	4,51	
Tara T (g)	4585		Teor médio de umidade (%)	6,91		
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA			VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM			
Peso do solo seco (g)			4725		Peso bruto do corpo-de-prova úmido (g)	
Peso do solo a utilizar (g)			4712,98		8975	
Água a juntar (g)			662,88		Peso do corpo-de-prova úmido (g)	
					4390	
					Densidade do corpo-de-prova úmido (g/cm ³)	
					2,10	
					Densidade do corpo-de-prova seco (g/cm ³)	
					1,960	
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura no		Pressão (Kg/cm ²)	
			Extensômetro (Kg)		Determinada	
					Padrão	
					cte do ensaio = 0,1015	
Tempo	pol	mm			CBR (%)	
30s	0,025	0,63	110		11,17	
1 min.	0,05	1,27	328		33,29	
2 min.	0,1	2,54	715		72,57	
4 min.	0,2	5,00	1193		121,09	
6 min.	0,3	7,62	1400		142,10	
8 min.	0,4	10,16	1600		162,40	
10 min.	0,5	12,70			161	
EXPANSÃO DA AMOSTRA INUNDADA						
Datas		Leitura no		Diferença (mm)		Expansão (%)
		Extensômetro (Kg)				
14/3/2011	09:00	0,20		0,09		0,05
21/3/2011	09:00	0,29				

CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO

Penetração (mm)	Pressão Determinada (kg/cm ²)
0,63	11,17
1,27	33,29
2,54	72,57
5,00	121,09
7,62	142,10
10,16	162,40

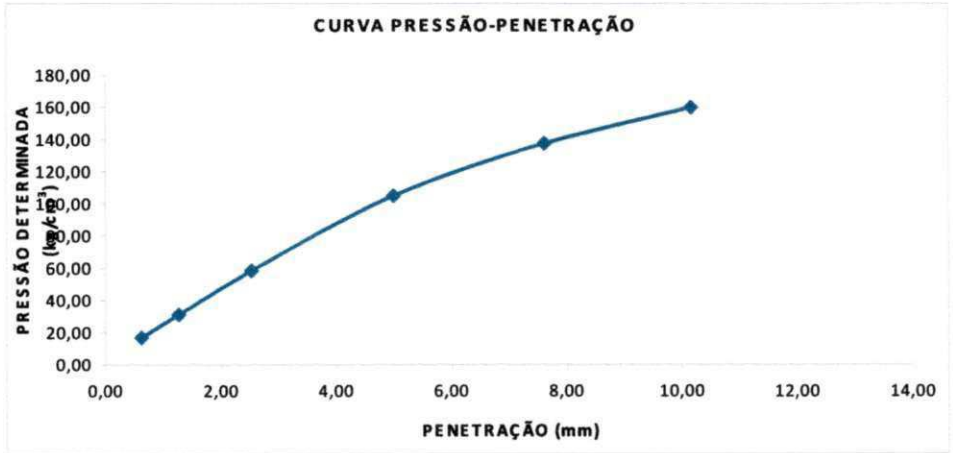
CBR						
MISTURA: CAL 10% + SOLO 45% + FRESADO 45%				OPERADOR: IGOR		
JAZIDA: POLÍCIA RODOVIÁRIA, BR 101/LOTE 05				DATA: 21/03/2011		
LOCAL DO ENSAIO: LABORATÓRIO DA UFCC						
DADOS			UMIDADE DE MOLDAGEM			
Densidade máxima (g/cm ³)	1,842		Cápsula N°	C - 16	C - 27	
Umidade ótima ho (%)	14,32		Peso bruto úmido (g)	71,8	61,6	
Umidade higroscópica hi (%)	0,255		Peso bruto seco (g)	67,13	57,19	
ho - hi (%)	14,065		Tara da cápsula (g)	13,3	14,3	
Cilindro N°	35		Peso da água (g)	4,67	4,41	
Altura H (mm)	168		Peso do solo seco (g)	53,83	42,89	
Volume V (cm ³)	2095,00		Teor de umidade (%)	8,68	10,28	
Tara T (g)	4545		Teor médio de umidade (%)	9,48		
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA			VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM			
Peso do solo seco (g)			4760		Peso bruto do corpo-de-prova úmido (g)	
Peso do solo a utilizar (g)			4747,89		Peso do corpo-de-prova úmido (g)	
Água a juntar (g)			667,79		Densidade do corpo-de-prova úmido (g/cm ³)	
					Densidade do corpo-de-prova seco (g/cm ³)	
					2,10	
					1,918	
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura no		Pressão (Kg/cm²)	
			Extensômetro (Kg)		Determinada	
					Padrão	
					cte do ensaio = 0,1015	
Tempo	pol	mm			CBR (%)	
30s	0,025	0,63	75			
1 min.	0,05	1,27	168			
2 min.	0,1	2,54	380		70	
4 min.	0,2	5,00	653		105	
6 min.	0,3	7,62	865		133	
8 min.	0,4	10,16	1065		161	
10 min.	0,5	12,70			182	
EXPANSÃO DA AMOSTRA INUNDADA						
Datas		Leitura no		Diferença (mm)		Expansão (%)
		Extensômetro (Kg)				
14/3/2011	09:00	0,20		0,15		0,09
21/3/2011	09:00	0,35				

CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO

Penetração (mm)	Pressão Determinada (kg/cm ²)
0,63	7,61
1,27	17,05
2,54	38,57
5,00	66,28
7,62	87,80
10,16	108,10


CBR						
MISTURA: CAL 10% + SOLO 45% + FRESADO 45%				OPERADOR: IGOR		
JAZIDA: POLÍCIA RODOVIÁRIA, BR 101/LOTE 05				DATA: 21/03/2011		
LOCAL DO ENSAIO: LABORATÓRIO DA UFCG						
DADOS			UMIDADE DE MOLDAGEM			
Densidade máxima (g/cm ³)	1,842		Cápsula N°	C - 02	C - 34	
Umidade ótima ho (%)	14,32		Peso bruto úmido (g)	79,7	65,1	
Umidade higroscópica hi (%)	0,255		Peso bruto seco (g)	73,33	60,14	
ho - hi (%)	14,065		Tara da cápsula (g)	13,5	14,1	
Cilindro N°	26		Peso da água (g)	6,37	4,96	
Altura H (mm)	167		Peso do solo seco (g)	59,83	46,04	
Volume V (cm ³)	2060,00		Teor de umidade (%)	10,65	10,77	
Tara T (g)	5585		Teor médio de umidade (%)	10,71		
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA			VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM			
Peso do solo seco (g)			4505		Peso bruto do corpo-de-prova úmido (g)	
Peso do solo a utilizar (g)			4493,54		Peso do corpo-de-prova úmido (g)	
Água a juntar (g)			632,02		Densidade do corpo-de-prova úmido (g/cm ³)	
					Densidade do corpo-de-prova seco (g/cm ³)	
					10030	
					4445	
					2,16	
					1,949	
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura no		Pressão (Kg/cm²)	
			Extensômetro (Kg)		Determinada	
					Padrão	
					cte do ensaio = 0,1015	
Tempo	pol	mm			CBR (%)	
30s	0,025	0,63	72			
1 min.	0,05	1,27	130			
2 min.	0,1	2,54	260		70	
4 min.	0,2	5,00	495		105	
6 min.	0,3	7,62	700		133	
8 min.	0,4	10,16	900		161	
10 min.	0,5	12,70			182	
EXPANSÃO DA AMOSTRA INUNDADA						
Datas		Leitura no		Diferença (mm)		Expansão (%)
		Extensômetro (Kg)				
14/3/2011	09:00	0,20		0,06		0,04
21/3/2011	09:00	0,26				
CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO						

CBR						
MISTURA: CIMENTO 2% + SOLO 53% + FRESADO 45%				OPERADOR: IGOR		
JAZIDA: POLÍCIA RODOVIÁRIA, BR 101/LOTE 05				DATA: 12/01/2011		
LOCAL DO ENSAIO: LABORATÓRIO DA UFCG						
DADOS			UMIDADE DE MOLDAGEM			
Densidade máxima (g/cm ³)	1,947		Cápsula N°	C - 01	C - 30	
Umidade ótima ho (%)	11,36		Peso bruto úmido (g)	90,33	92,24	
Umidade higroscópica hi (%)	0,32		Peso bruto seco (g)	83,05	84,88	
ho - hi (%)	11,04		Tara da cápsula (g)	15,2	14,69	
Cilindro N°	2		Peso da água (g)	7,28	7,36	
Altura H (mm)	114		Peso do solo seco (g)	67,85	70,19	
Volume V (cm ³)	2067,58		Teor de umidade (%)	10,73	10,49	
Tara T (g)	8070		Teor médio de umidade (%)	10,61		
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA			VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM			
Peso do solo seco (g)	4785		Peso bruto do corpo-de-prova úmido (g)	12530		
Peso do solo a utilizar (g)	4769,74		Peso do corpo-de-prova úmido (g)	4460		
Água a juntar (g)	526,58		Densidade do corpo-de-prova úmido (g/cm ³)	2,16		
			Densidade do corpo-de-prova seco (g/cm ³)	1,95		
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura no	Pressão (Kg/cm²)		cte do ensaio = 0,1015
Tempo	pol	mm	Extensômetro (Kg)	Determinada	Padrão	CBR (%)
30s	0,025	0,63	150	15,23		
1 min.	0,05	1,27	265	26,90		
2 min.	0,1	2,54	445	45,17	70	64,53
4 min.	0,2	5,00	810	82,22	105	78,30
6 min.	0,3	7,62	1075	109,11	133	
8 min.	0,4	10,16	1230	124,85	161	
10 min.	0,5	12,70			182	
EXPANSÃO DA AMOSTRA INUNDADA						
Datas		Leitura no	Diferença (mm)	Expansão (%)		
Dia	Hora	Extensômetro (Kg)				
5/1/2011	09:00	0,20	0,05	0,04		
12/1/2011	09:00	0,25				
CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO						

CBR						
MISTURA: CIMENTO 2% + SOLO 53% + FRESADO 45%				OPERADOR: IGOR		
JAZIDA: POLÍCIA RODOVIÁRIA, BR 101/LOTE 05				DATA: 12/01/2011		
LOCAL DO ENSAIO: LABORATÓRIO DA UFCG						
DADOS			UMIDADE DE MOLDAGEM			
Densidade máxima (g/cm ³)	1,947		Cápsula N°	C - 06	C - 11	
Umidade ótima ho (%)	11,36		Peso bruto úmido (g)	77,5	83,37	
Umidade higroscópica hi (%)	0,32		Peso bruto seco (g)	71,37	76,64	
ho - hi (%)	11,04		Tara da cápsula (g)	14,23	13,88	
Cilindro N°	3		Peso da água (g)	6,13	6,73	
Altura H (mm)	117		Peso do solo seco (g)	57,14	62,76	
Volume V (cm ³)	2066,51		Teor de umidade (%)	10,73	10,72	
Tara T (g)	7900		Teor médio de umidade (%)	10,73		
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA			VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM			
Peso do solo seco (g)	4630		Peso bruto do corpo-de-prova úmido (g)	12320		
Peso do solo a utilizar (g)	4615,23		Peso do corpo-de-prova úmido (g)	4420		
Água a juntar (g)	509,52		Densidade do corpo-de-prova úmido (g/cm ³)	2,14		
			Densidade do corpo-de-prova seco (g/cm ³)	1,93		
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura no	Pressão (Kg/cm²)		cte do ensaio =
Tempo	pol	mm	Extensômetro (Kg)	Determinada	Padrão	CBR (%)
30s	0,025	0,63	160	16,24		
1 min.	0,05	1,27	300	30,45		
2 min.	0,1	2,54	570	57,86	70	82,65
4 min.	0,2	5,00	1030	104,55	105	99,57
6 min.	0,3	7,62	1350	137,03	133	
8 min.	0,4	10,16	1570	159,36	161	
10 min.	0,5	12,70		182		
EXPANSÃO DA AMOSTRA INUNDADA						
Datas		Leitura no		Diferença (mm)		Expansão (%)
Dia	Hora	Extensômetro (Kg)				
5/1/2011	09:00	0,20		0,08		0,07
12/1/2011	09:00	0,28				
CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO						
						

CBR						
MISTURA: CIMENTO 2% + SOLO 53% + FRESADO 45%				OPERADOR: IGOR		
JAZIDA: POLÍCIA RODOVIÁRIA, BR 101/LOTE 05				DATA: 12/01/2011		
LOCAL DO ENSAIO: LABORATÓRIO DA UFCG						
DADOS			UMIDADE DE MOLDAGEM			
Densidade máxima (g/cm ³)	1,947		Cápsula N°	C - 23	C - 27	
Umidade ótima ho (%)	11,36		Peso bruto úmido (g)	81,91	77,1	
Umidade higroscópica hi (%)	0,32		Peso bruto seco (g)	75,3	70,90	
ho - hi (%)	11,04		Tara da cápsula (g)	13,11	14,35	
Cilindro N°	4		Peso da água (g)	6,61	6,2	
Altura H (mm)	113		Peso do solo seco (g)	62,19	56,55	
Volume V (cm ³)	2022,56		Teor de umidade (%)	10,63	10,96	
Tara T (g)	7980		Teor médio de umidade (%)	10,80		
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA			VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM			
Peso do solo seco (g)	4820		Peso bruto do corpo-de-prova úmido (g)	12320		
Peso do solo a utilizar (g)	4804,63		Peso do corpo-de-prova úmido (g)	4340		
Água a juntar (g)	530,43		Densidade do corpo-de-prova úmido (g/cm ³)	2,15		
			Densidade do corpo-de-prova seco (g/cm ³)	1,94		
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura no	Pressão (Kg/cm ²)		cte do ensaio =
Tempo	pol	mm	Extensômetro (Kg)	Determinada	Padrão	CBR (%)
30s	0,025	0,63	160	16,24		
1 min.	0,05	1,27	320	32,48		
2 min.	0,1	2,54	600	60,90	70	87,00
4 min.	0,2	5,00	1028	104,34	105	99,37
6 min.	0,3	7,62	1315	133,47	133	
8 min.	0,4	10,16	1520	154,28	161	
10 min.	0,5	12,70			182	
EXPANSÃO DA AMOSTRA INUNDADA						
Datas		Leitura no	Diferença (mm)		Expansão (%)	
Dia	Hora	Extensômetro (Kg)				
5/1/2011	09:00	0,20	0,07		0,06	
12/1/2011	09:00	0,27				
CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO						

CBR						
MISTURA: CIMENTO 4% + SOLO 51% + FRESADO 45%				OPERADOR: IGOR		
JAZIDA: POLÍCIA RODOVIÁRIA, BR 101/LOTE 05				DATA: 12/01/2011		
LOCAL DO ENSAIO: LABORATÓRIO DA UFCC						
DADOS			UMIDADE DE MOLDAGEM			
Densidade máxima (g/cm ³)	1,936		Cápsula N°	C - 37	C - 08	
Umidade ótima ho (%)	11,45		Peso bruto úmido (g)	83,85	73,15	
Umidade higroscópica hi (%)	0,3		Peso bruto seco (g)	79,06	67,44	
ho - hi (%)	11,15		Tara da cápsula (g)	14,12	14,31	
Cilindro N°	5		Peso da água (g)	4,79	5,71	
Altura H (mm)	114		Peso do solo seco (g)	64,94	53,13	
Volume V (cm ³)	2013,53		Teor de umidade (%)	7,38	10,75	
Tara T (g)	7175		Teor médio de umidade (%)	9,06		
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA			VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM			
Peso do solo seco (g)			11605		Peso bruto do corpo-de-prova úmido (g)	
Peso do solo a utilizar (g)			11570,29		Peso do corpo-de-prova úmido (g)	
Água a juntar (g)			1290,09		Densidade do corpo-de-prova úmido (g/cm ³)	
					Densidade do corpo-de-prova seco (g/cm ³)	
					2,24	
					2,06	
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura no	Pressão (Kg/cm²)		cte do ensaio =
Tempo	pol	mm	Extensômetro (Kg)	Determinada	Padrão	0,1015
30s	0,025	0,63	220	22,33		CBR (%)
1 min.	0,05	1,27	480	48,72		
2 min.	0,1	2,54	1100	111,65	70	159,50
4 min.	0,2	5,00	1950	197,93	105	188,50
6 min.	0,3	7,62	2450	248,68	133	
8 min.	0,4	10,16	2920	296,38	161	
10 min.	0,5	12,70			182	
EXPANSÃO DA AMOSTRA INUNDADA						
Datas		Leitura no		Diferença (mm)		Expansão (%)
Dia	Hora	Extensômetro (Kg)				
5/1/2011	09:00	0,20		0,08		0,07
12/1/2011	09:00	0,28				
CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO						

CBR						
MISTURA: CIMENTO 4% + SOLO 51% + FRESADO 45%				OPERADOR: IGOR		
JAZIDA: POLÍCIA RODOVIÁRIA, BR 101/LOTE 05				DATA: 12/01/2011		
LOCAL DO ENSAIO: LABORATÓRIO DA UFCG						
DADOS			UMIDADE DE MOLDAGEM			
Densidade máxima (g/cm ³)	1,936	Cápsula N°	C - 10	2		
Umidade ótima ho (%)	11,45	Peso bruto úmido (g)	82,12	82,9		
Umidade higroscópica hi (%)	0,3	Peso bruto seco (g)	75,42	76,20		
ho - hi (%)	11,15	Tara da cápsula (g)	13,88	14,62		
Cilindro N°	6	Peso da água (g)	6,7	6,7		
Altura H (mm)	114	Peso do solo seco (g)	61,54	61,58		
Volume V (cm ³)	2067,58	Teor de umidade (%)	10,89	10,88		
Tara T (g)	7845	Teor médio de umidade (%)	10,88			
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA			VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM			
Peso do solo seco (g)	12305	Peso bruto do corpo-de-prova úmido (g)	12420			
Peso do solo a utilizar (g)	12268,20	Peso do corpo-de-prova úmido (g)	4575			
Água a juntar (g)	1367,90	Densidade do corpo-de-prova úmido (g/cm ³)	2,21			
		Densidade do corpo-de-prova seco (g/cm ³)	2,00			
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura no	Pressão (Kg/cm ²)		cte do ensaio = 0,1015 CBR (%)
Tempo	pol	mm	Extensômetro (Kg)	Determinada	Padrão	
30s	0,025	0,63	190	19,29		
1 min.	0,05	1,27	465	47,20		
2 min.	0,1	2,54	860	87,29	70	124,70
4 min.	0,2	5,00	1478	150,02	105	142,87
6 min.	0,3	7,62	1900	192,85	133	
8 min.	0,4	10,16	2450	248,68	161	
10 min.	0,5	12,70			182	
EXPANSÃO DA AMOSTRA INUNDADA						
Datas		Leitura no Extensômetro (Kg)	Diferença (mm)	Expansão (%)		
Dia	Hora					
5/1/2011	09:00	0,20	0,1	0,09		
12/1/2011	09:00	0,30				
CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO						
						


CBR																				
MISTURA: CIMENTO 4% + SOLO 51% + FRESADO 45%				OPERADOR: IGOR																
JAZIDA: POLÍCIA RODOVIÁRIA, BR 101/LOTE 05				DATA: 12/01/2011																
LOCAL DO ENSAIO: LABORATÓRIO DA UFCG																				
DADOS			UMIDADE DE MOLDAGEM																	
Densidade máxima (g/cm ³)	1,936		Cápsula N°	C - 29	C - 38															
Umidade ótima ho (%)	11,45		Peso bruto úmido (g)	89,47	66,21															
Umidade higroscópica hi (%)	0,3		Peso bruto seco (g)	81,87	61,11															
ho - hi (%)	11,15		Tara da cápsula (g)	13,63	13,95															
Cilindro N°	7		Peso da água (g)	7,6	5,1															
Altura H (mm)	115		Peso do solo seco (g)	68,24	47,16															
Volume V (cm ³)	2058,36		Teor de umidade (%)	11,14	10,81															
Tara T (g)	7555		Teor médio de umidade (%)	10,98																
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA			VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM																	
Peso do solo seco (g)			11940		Peso bruto do corpo-de-prova úmido (g)															
Peso do solo a utilizar (g)			11904,29		Peso do corpo-de-prova úmido (g)															
Água a juntar (g)			1327,33		Densidade do corpo-de-prova úmido (g/cm ³)															
					Densidade do corpo-de-prova seco (g/cm ³)															
					2,17															
					1,96															
ENSAIO DE PENETRAÇÃO																				
Penetração			Leitura no		Pressão (Kg/cm²)															
			Extensômetro (Kg)		Padrão															
Tempo	pol	mm			cte do ensaio = 0,1015															
30s	0,025	0,63	300		CBR (%)															
1 min.	0,05	1,27	560																	
2 min.	0,1	2,54	1060		153,70															
4 min.	0,2	5,00	1755		169,65															
6 min.	0,3	7,62	2400		133															
8 min.	0,4	10,16	2940		161															
10 min.	0,5	12,70			182															
EXPANSÃO DA AMOSTRA INUNDADA																				
Datas		Leitura no		Diferença (mm)		Expansão (%)														
		Extensômetro (Kg)																		
Dia	Hora			0,08		0,07														
5/1/2011	09:00	0,20																		
12/1/2011	09:00	0,28																		
CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO																				
<table border="1"> <caption>Dados para a Curva Pressão-Penetração</caption> <thead> <tr> <th>Penetração (mm)</th> <th>Pressão Determinada (Kg/cm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,63</td><td>300</td></tr> <tr><td>1,27</td><td>560</td></tr> <tr><td>2,54</td><td>1060</td></tr> <tr><td>5,00</td><td>1755</td></tr> <tr><td>7,62</td><td>2400</td></tr> <tr><td>10,16</td><td>2940</td></tr> </tbody> </table>							Penetração (mm)	Pressão Determinada (Kg/cm ²)	0,63	300	1,27	560	2,54	1060	5,00	1755	7,62	2400	10,16	2940
Penetração (mm)	Pressão Determinada (Kg/cm ²)																			
0,63	300																			
1,27	560																			
2,54	1060																			
5,00	1755																			
7,62	2400																			
10,16	2940																			

CBR						
MISTURA: CIMENTO 6% + SOLO 49% + FRESADO 45%				OPERADOR: IGOR		
JAZIDA: POLÍCIA RODOVIÁRIA, BR 101/LOTE 05				DATA: 12/01/2011		
LOCAL DO ENSAIO: LABORATÓRIO DA UFCG						
DADOS			UMIDADE DE MOLDAGEM			
Densidade máxima (g/cm ³)	1,939		Cápsula N°	C - 22	C - 05	
Umidade ótima ho (%)	11,44		Peso bruto úmido (g)	84,07	81,62	
Umidade higroscópica hi (%)	0,23		Peso bruto seco (g)	77,47	73,33	
ho - hi (%)	11,21		Tara da cápsula (g)	14,22	14,72	
Cilindro N°	8		Peso da água (g)	6,6	8,29	
Altura H (mm)	111		Peso do solo seco (g)	63,25	58,61	
Volume V (cm ³)	1986,77		Teor de umidade (%)	10,43	14,14	
Tara T (g)	7210		Teor médio de umidade (%)	12,29		
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA			VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM			
Peso do solo seco (g)			5110		Peso bruto do corpo-de-prova úmido (g)	
Peso do solo a utilizar (g)			5098,27		Peso do corpo-de-prova úmido (g)	
Água a juntar (g)			571,52		Densidade do corpo-de-prova úmido (g/cm ³)	
					Densidade do corpo-de-prova seco (g/cm ³)	
					1,89	
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura no	Pressão (Kg/cm²)		cte do ensaio = 0,1015
Tempo	pol	mm	Extensômetro (Kg)	Determinada	Padrão	CBR (%)
30s	0,025	0,63	300	30,45		
1 min.	0,05	1,27	600	60,90		
2 min.	0,1	2,54	1010	102,52	70	146,45
4 min.	0,2	5,00	1900	192,85	105	183,67
6 min.	0,3	7,62	2225	225,84	133	
8 min.	0,4	10,16	3050	309,58	161	
10 min.	0,5	12,70			182	
EXPANSÃO DA AMOSTRA INUNDADA						
Datas		Leitura no		Diferença (mm)		Expansão (%)
Dia	Hora	Extensômetro (Kg)				
5/1/2011	09:00	0,20		0,1		0,09
12/1/2011	09:00	0,30				
CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO						

CBR						
MISTURA: CIMENTO 6% + SOLO 49% + FRESADO 45%				OPERADOR: IGOR		
JAZIDA: POLÍCIA RODOVIÁRIA, BR 101/LOTE 05				DATA: 12/01/2011		
LOCAL DO ENSAIO: LABORATÓRIO DA UFCG						
DADOS			UMIDADE DE MOLDAGEM			
Densidade máxima (g/cm ³)	1,939		Cápsula N°	C - 12	C - 40	
Umidade ótima ho (%)	11,44		Peso bruto úmido (g)	85,22	84,9	
Umidade higroscópica hi (%)	0,23		Peso bruto seco (g)	78,19	77,88	
ho - hi (%)	11,21		Tara da cápsula (g)	13,38	13,54	
Cilindro N°	9		Peso da água (g)	7,03	7,02	
Altura H (mm)	112		Peso do solo seco (g)	64,81	64,34	
Volume V (cm ³)	2031,30		Teor de umidade (%)	10,85	10,91	
Tara T (g)	8125		Teor médio de umidade (%)	10,88		
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA			VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM			
Peso do solo seco (g)		4565	Peso bruto do corpo-de-prova úmido (g)		12505	
Peso do solo a utilizar (g)		4554,52	Peso do corpo-de-prova úmido (g)		4380	
Água a juntar (g)		510,56	Densidade do corpo-de-prova úmido (g/cm ³)		2,16	
			Densidade do corpo-de-prova seco (g/cm ³)		1,94	
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura no	Pressão (Kg/cm ²)		cte do ensaio = 0,1015
Tempo	pol	mm	Extensômetro (Kg)	Determinada	Padrão	CBR (%)
30s	0,025	0,63	200	20,30		
1 min.	0,05	1,27	475	48,21		
2 min.	0,1	2,54	930	94,40	70	134,85
4 min.	0,2	5,00	1670	169,51	105	161,43
6 min.	0,3	7,62	2190	222,29	133	
8 min.	0,4	10,16	2870	291,31	161	
10 min.	0,5	12,70			182	
EXPANSÃO DA AMOSTRA INUNDADA						
Datas		Leitura no	Diferença (mm)		Expansão (%)	
Dia	Hora	Extensômetro (Kg)				
5/1/2011	09:00	0,20	0,1		0,09	
12/1/2011	09:00	0,30				
CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO						


CBR						
MISTURA: CIMENTO 6% + SOLO 49% + FRESADO 45%				OPERADOR: IGOR		
JAZIDA: POLÍCIA RODOVIÁRIA, BR 101/LOTE 05				DATA: 12/01/2011		
LOCAL DO ENSAIO: LABORATÓRIO DA UFCG						
DADOS			UMIDADE DE MOLDAGEM			
Densidade máxima (g/cm ³)	1,939		Cápsula N°	C - 01	C - 04	
Umidade ótima ho (%)	11,44		Peso bruto úmido (g)	85,6	78,38	
Umidade higroscópica hi (%)	0,23		Peso bruto seco (g)	79,27	72,57	
ho - hi (%)	11,21		Tara da cápsula (g)	15,28	13,34	
Cilindro N°	10		Peso da água (g)	6,33	5,81	
Altura H (mm)	115		Peso do solo seco (g)	63,99	59,23	
Volume V (cm ³)	2085,71		Teor de umidade (%)	9,89	9,81	
Tara T (g)	8315		Teor médio de umidade (%)	9,85		
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA			VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM			
Peso do solo seco (g)			4975		Peso bruto do corpo-de-prova úmido (g)	
Peso do solo a utilizar (g)			4963,58		12705	
Água a juntar (g)			556,42		Peso do corpo-de-prova úmido (g)	
					4390	
					Densidade do corpo-de-prova úmido (g/cm ³)	
					2,10	
					Densidade do corpo-de-prova seco (g/cm ³)	
					1,92	
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura no		Pressão (Kg/cm²)	
			Extensômetro (Kg)		cte do ensaio = 0,1015	
Tempo	pol	mm		Determinada	Padrão	CBR (%)
30s	0,025	0,63	260	26,39		
1 min.	0,05	1,27	560	56,84		
2 min.	0,1	2,54	1028	104,34	70	149,06
4 min.	0,2	5,00	1680	170,52	105	162,40
6 min.	0,3	7,62	2090	212,14	133	
8 min.	0,4	10,16	2890	293,34	161	
10 min.	0,5	12,70			182	
EXPANSÃO DA AMOSTRA INUNDADA						
Datas		Leitura no		Diferença (mm)		Expansão (%)
Dia	Hora	Extensômetro (Kg)				
5/1/2011	09:00	0,20		0,14		0,12
12/1/2011	09:00	0,34				
CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO						

CBR						
MISTURA: CAL 8% + SOLO 47% + FRESADO 45%				OPERADOR: IGOR		
JAZIDA: POLÍCIA RODOVIÁRIA, BR 101/LOTE 05				DATA: 12/01/2011		
LOCAL DO ENSAIO: LABORATÓRIO DA UFCG						
DADOS			UMIDADE DE MOLDAGEM			
Densidade máxima (g/cm ³)	2,013		Cápsula N°	C - 19	C - 24	
Umidade ótima ho (%)	11,18		Peso bruto úmido (g)	79,68	68,73	
Umidade higroscópica hi (%)	0,27		Peso bruto seco (g)	72,3	63,49	
ho - hi (%)	10,91		Tara da cápsula (g)	14,63	14,25	
Cilindro N°	11		Peso da água (g)	7,38	5,24	
Altura H (mm)	120		Peso do solo seco (g)	57,67	49,24	
Volume V (cm ³)	2263,16		Teor de umidade (%)	12,80	10,64	
Tara T (g)	7805		Teor médio de umidade (%)	11,72		
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA			VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM			
Peso do solo seco (g)			4700		Peso bruto do corpo-de-prova úmido (g)	
Peso do solo a utilizar (g)			4687,34		Peso do corpo-de-prova úmido (g)	
Água a juntar (g)			511,39		Densidade do corpo-de-prova úmido (g/cm ³)	
					Densidade do corpo-de-prova seco (g/cm ³)	
					2,10	
					1,88	
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura no	Pressão (Kg/cm ²)		cte do ensaio = 0,1015
Tempo	pol	mm	Extensômetro (Kg)	Determinada	Padrão	CBR (%)
30s	0,025	0,63	90	9,14		
1 min.	0,05	1,27	230	23,35		
2 min.	0,1	2,54	1000	101,50	70	145,00
4 min.	0,2	5,00	2600	263,90	105	251,33
6 min.	0,3	7,62	3100	314,65	133	
8 min.	0,4	10,16	4200	426,30	161	
10 min.	0,5	12,70			182	
EXPANSÃO DA AMOSTRA INUNDADA						
Datas		Leitura no		Diferença (mm)		Expansão (%)
Dia	Hora	Extensômetro (Kg)				
5/1/2011	09:00	0,20		0,09		0,08
12/1/2011	09:00	0,29				
CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO						

CBR							
MISTURA: CAL 8% + SOLO 47% + FRESADO 45%				OPERADOR: IGOR			
JAZIDA: POLÍCIA RODOVIÁRIA, BR 101/LOTE 05				DATA: 12/01/2011			
LOCAL DO ENSAIO: LABORATÓRIO DA UFCG							
DADOS			UMIDADE DE MOLDAGEM				
Densidade máxima (g/cm ³)	2,013		Cápsula N°	C - 25	C - 40		
Umidade ótima ho (%)	11,18		Peso bruto úmido (g)	79,86	75,27		
Umidade higroscópica hi (%)	0,27		Peso bruto seco (g)	73,5	69,38		
ho - hi (%)	10,91		Tara da cápsula (g)	14,64	13,52		
Cilindro N°	12		Peso da água (g)	6,36	5,89		
Altura H (mm)	113		Peso do solo seco (g)	58,86	55,86		
Volume V (cm ³)	2049,44		Teor de umidade (%)	10,81	10,54		
Tara T (g)	8030		Teor médio de umidade (%)	10,67			
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA			VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM				
Peso do solo seco (g)			4840		Peso bruto do corpo-de-prova úmido (g)		
Peso do solo a utilizar (g)			4826,97		Peso do corpo-de-prova úmido (g)		
Água a juntar (g)			526,62		Densidade do corpo-de-prova úmido (g/cm ³)		
					Densidade do corpo-de-prova seco (g/cm ³)		
					1,94		
ENSAIO DE PENETRAÇÃO							
Penetração			Leitura no		Pressão (Kg/cm²)		
Tempo	pol	mm	Extensômetro (Kg)	Determinada	Padrão	cte do ensaio = 0,1015	
30s	0,025	0,63	180	18,27		CBR (%)	
1 min.	0,05	1,27	380	38,57			
2 min.	0,1	2,54	770	78,16	70		
4 min.	0,2	5,00	1375	139,56	105		
6 min.	0,3	7,62	1865	189,30	133		
8 min.	0,4	10,16	2330	236,50	161		
10 min.	0,5	12,70		182			
EXPANSÃO DA AMOSTRA INUNDADA							
Datas		Leitura no		Diferença (mm)			Expansão (%)
Dia	Hora	Extensômetro (Kg)					
5/1/2011	09:00	0,20		0,13		0,12	
12/1/2011	09:00	0,33					
CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO							
							

CBR						
MISTURA: CAL 8% + SOLO 47% + FRESADO 45%				OPERADOR: IGOR		
JAZIDA: POLÍCIA RODOVIÁRIA, BR 101 LOTE 05				DATA: 12/01/2011		
LOCAL DO ENSAIO: LABORATÓRIO DA UFCG						
DADOS			UMIDADE DE MOLDAGEM			
Densidade máxima (g/cm ³)	2,013		Cápsula N°	C - 28	C - 32	
Umidade ótima ho (%)	11,18		Peso bruto úmido (g)	86,45	81,37	
Umidade higroscópica hi (%)	0,27		Peso bruto seco (g)	79,7	75,11	
ho - hi (%)	10,91		Tara da cápsula (g)	13,9	13,56	
Cilindro N°	10		Peso da água (g)	6,75	6,26	
Altura H (mm)	115		Peso do solo seco (g)	65,80	61,55	
Volume V (cm ³)	2085,71		Teor de umidade (%)	10,26	10,17	
Tara T (g)	8315		Teor médio de umidade (%)	10,21		
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA			VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM			
Peso do solo seco (g)	4785		Peso bruto do corpo-de-prova úmido (g)	12875		
Peso do solo a utilizar (g)	4772,12		Peso do corpo-de-prova úmido (g)	4560		
Água a juntar (g)	520,64		Densidade do corpo-de-prova úmido (g/cm ³)	2,19		
			Densidade do corpo-de-prova seco (g/cm ³)	1,98		
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura no	Pressão (Kg/cm ²)		cte do ensaio =
Tempo	pol	mm	Extensômetro (Kg)	Determinada	Padrão	CBR (%)
30s	0,025	0,63	310	31,47		
1 min.	0,05	1,27	700	71,05		
2 min.	0,1	2,54	1500	152,25	70	217,50
4 min.	0,2	5,00	2040	207,06	105	197,20
6 min.	0,3	7,62	2660	269,99	133	
8 min.	0,4	10,16	3550	360,33	161	
10 min.	0,5	12,70			182	
EXPANSÃO DA AMOSTRA INUNDADA						
Datas		Leitura no		Diferença (mm)		Expansão (%)
Dia	Hora	Extensômetro (Kg)				
5/1/2011	09:00	0,20		0,1		0,09
12/1/2011	09:00	0,30				
CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO						

CBR						
MISTURA: CIMENTO 10% + SOLO 45% + FRESADO 45%				OPERADOR: IGOR		
JAZIDA: POLÍCIA RODOVIÁRIA, BR 101/LOTE 05				DATA: 12/01/2011		
LOCAL DO ENSAIO: LABORATÓRIO DA UFCG						
DADOS			UMIDADE DE MOLDAGEM			
Densidade máxima (g/cm ³)	2,013		Cápsula N°	C - 30	C - 31	
Umidade ótima ho (%)	11,14		Peso bruto úmido (g)	84,46	77,76	
Umidade higroscópica hi (%)	0,15		Peso bruto seco (g)	77,84	72,04	
ho - hi (%)	10,99		Tara da cápsula (g)	13,53	14,68	
Cilindro N°	4		Peso da água (g)	6,62	5,72	
Altura H (mm)	113		Peso do solo seco (g)	64,31	57,36	
Volume V (cm ³)	2022,56		Teor de umidade (%)	10,29	9,97	
Tara T (g)	7980		Teor médio de umidade (%)	10,13		
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA			VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM			
Peso do solo seco (g)			4930		Peso bruto do corpo-de-prova úmido (g)	
Peso do solo a utilizar (g)			4922,62		12305	
Água a juntar (g)			541,00		Peso do corpo-de-prova úmido (g)	
					4325	
					Densidade do corpo-de-prova úmido (g/cm ³)	
					2,14	
					Densidade do corpo-de-prova seco (g/cm ³)	
					1,94	
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura no		Pressão (Kg/cm²)	
			Extensômetro (Kg)		Determinada	
					Padrão	
					cte do ensaio = 0,1015	
Tempo	pol	mm				CBR (%)
30s	0,025	0,63	270	27,41		
1 min.	0,05	1,27	530	53,80		
2 min.	0,1	2,54	1135	115,20	70	164,58
4 min.	0,2	5,00	2060	209,09	105	199,13
6 min.	0,3	7,62	2800	284,20	133	
8 min.	0,4	10,16	3570	362,36	161	
10 min.	0,5	12,70			182	
EXPANSÃO DA AMOSTRA INUNDADA						
Datas		Leitura no		Diferença (mm)		Expansão (%)
		Extensômetro (Kg)				
5/1/2011	09:00	0,20		0,11		0,10
12/1/2011	09:00	0,31				
CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO						

CBR						
MISTURA: CIMENTO 10% + SOLO 45% + FRESADO 45%				OPERADOR: IGOR		
JAZIDA: POLÍCIA RODOVIÁRIA, BR 101/LOTE 05				DATA: 12/01/2011		
LOCAL DO ENSAIO: LABORATÓRIO DA UFCG						
DADOS			UMIDADE DE MOLDAGEM			
Densidade máxima (g/cm ³)	2,013		Cápsula N°	C - 12	C - 37	
Umidade ótima ho (%)	11,14		Peso bruto úmido (g)	75,89	79,3	
Umidade higroscópica hi (%)	0,15		Peso bruto seco (g)	69,91	57,19	
ho - hi (%)	10,99		Tara da cápsula (g)	13,38	14,3	
Cilindro N°	3		Peso da água (g)	5,98	22,11	
Altura H (mm)	117		Peso do solo seco (g)	56,53	42,89	
Volume V (cm ³)	2066,51		Teor de umidade (%)	10,58	51,55	
Tara T (g)	7900		Teor médio de umidade (%)	31,06		
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA			VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM			
Peso do solo seco (g)			4745		Peso bruto do corpo-de-prova úmido (g)	
Peso do solo a utilizar (g)			4737,89		Peso do corpo-de-prova úmido (g)	
Água a juntar (g)			520,69		Densidade do corpo-de-prova úmido (g/cm ³)	
					Densidade do corpo-de-prova seco (g/cm ³)	
					2,14	
					1,63	
ENSAIO DE PENETRAÇÃO						
Penetração			Leitura no	Pressão (Kg/cm²)		cte do ensaio =
Tempo	pol	mm	Extensômetro (Kg)	Determinada	Padrão	CBR (%)
30s	0,025	0,63	240	24,36		
1 min.	0,05	1,27	500	50,75		
2 min.	0,1	2,54	1100	111,65	70	159,50
4 min.	0,2	5,00	2090	212,14	105	202,03
6 min.	0,3	7,62	2830	287,25	133	
8 min.	0,4	10,16	3540	359,31	161	
10 min.	0,5	12,70			182	
EXPANSÃO DA AMOSTRA INUNDADA						
Datas		Leitura no		Diferença (mm)		Expansão (%)
Dia	Hora	Extensômetro (Kg)				
5/1/2011	09:00	0,20		0,14		0,12
12/1/2011	09:00	0,34				
CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO						
						

CBR																				
MISTURA: CIMENTO 10% + SOLO 45% + FRESADO 45%				OPERADOR: IGOR																
JAZIDA: POLÍCIA RODOVIÁRIA, BR 101/LOTE 05				DATA: 12/01/2011																
LOCAL DO ENSAIO: LABORATÓRIO DA UFCC																				
DADOS			UMIDADE DE MOLDAGEM																	
Densidade máxima (g/cm ³)	2,013		Cápsula N°	C - 10	C - 29															
Umidade ótima ho (%)	11,14		Peso bruto úmido (g)	82,11	74,42															
Umidade higroscópica hi (%)	0,15		Peso bruto seco (g)	75,66	68,74															
ho - hi (%)	10,99		Tara da cápsula (g)	13,89	13,63															
Cilindro N°	2		Peso da água (g)	6,45	5,68															
Altura H (mm)	114		Peso do solo seco (g)	61,77	55,11															
Volume V (cm ³)	2067,58		Teor de umidade (%)	10,44	10,31															
Tara T (g)	8070		Teor médio de umidade (%)	10,37																
CÁLCULO PARA MOLDAGEM DO CORPO DE PROVA			VERIFICAÇÃO DE MOLDAGEM																	
Peso do solo seco (g)	4850		Peso bruto do corpo-de-prova úmido (g)	12505																
Peso do solo a utilizar (g)	4842,74		Peso do corpo-de-prova úmido (g)	4435																
Água a juntar (g)	532,22		Densidade do corpo-de-prova úmido (g/cm ³)	2,15																
			Densidade do corpo-de-prova seco (g/cm ³)	1,94																
ENSAIO DE PENETRAÇÃO																				
Penetração			Leitura no	Pressão (Kg/cm²)		cte do ensaio = 0,1015														
Tempo	pol	mm	Extensômetro (Kg)	Determinada	Padrão	CBR (%)														
30s	0,025	0,63	300	30,45																
1 min.	0,05	1,27	530	53,80																
2 min.	0,1	2,54	1000	101,50	70	145,00														
4 min.	0,2	5,00	1900	192,85	105	183,67														
6 min.	0,3	7,62	2570	260,86	133															
8 min.	0,4	10,16	3200	324,80	161															
10 min.	0,5	12,70			182															
EXPANSÃO DA AMOSTRA INUNDADA																				
Datas		Leitura no		Diferença (mm)		Expansão (%)														
Dia	Hora	Extensômetro (Kg)																		
5/1/2011	09:00	0,20		0,09		0,08														
12/1/2011	09:00	0,29																		
CURVA PRESSÃO-PENETRAÇÃO																				
<table border="1"> <caption>Dados para o Gráfico de Curva Pressão-Penetração</caption> <thead> <tr> <th>Penetração (mm)</th> <th>Pressão Determinada (Kg/cm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,63</td> <td>30,45</td> </tr> <tr> <td>1,27</td> <td>53,80</td> </tr> <tr> <td>2,54</td> <td>101,50</td> </tr> <tr> <td>5,00</td> <td>192,85</td> </tr> <tr> <td>7,62</td> <td>260,86</td> </tr> <tr> <td>10,16</td> <td>324,80</td> </tr> </tbody> </table>							Penetração (mm)	Pressão Determinada (Kg/cm ²)	0,63	30,45	1,27	53,80	2,54	101,50	5,00	192,85	7,62	260,86	10,16	324,80
Penetração (mm)	Pressão Determinada (Kg/cm ²)																			
0,63	30,45																			
1,27	53,80																			
2,54	101,50																			
5,00	192,85																			
7,62	260,86																			
10,16	324,80																			

ANEXO B

ENSAIOS DE COMPRESSÃO SIMPLES

MISTURA: SOLO (SEM MISTURA)		DATA DA MOLDAGEM:	DATA DA RUPTURA:
AMOSTRA 01		29/3/2011	5/4/2011
DADOS DO CORPO DE PROVA		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Peso do molde (g)	2125	Cápsula N°	C - 39
Peso do molde + solo (g)	4145	Peso bruto úmido (g)	77,04
Peso do corpo-de-prova úmido (g)	2000	Peso bruto seco (g)	72,08
Volume do molde (cm ³)	1020,5	Tara da cápsula (g)	14,01
Cilindro N°	1	Peso da água (g)	4,96
Massa específica aparente do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,96	Peso do solo seco (g)	58,07
Massa específica aparente seca do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,806	Teor de umidade (%)	8,54
Grau de compactação (%)	92,03	Teor médio de umidade (%)	8,54
DADOS DO ENSAIO		EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DA RESISTÊNCIA	
Carga de ruptura - C (Kgf)	1798	RC = (C/A) x 0,1 [MPa]	
Constante do anel	0,25		
Área da seção transversal do corpo de prova - A (cm ²)	78,54		
Resistência à compressão simples - RC (MPa)	0,57		

DADOS COMPLEMENTARES		ENERGIA	NORMAL
Densidade máxima (g/cm ³)	1,962	GOLPES/CAMADAS	26
Umidade ótima ho (%)	10,05	N° DE CAMADAS	3
Umidade higroscópica hi (%)	0,57		
ho - hi (%)	9,48		

MISTURA: SOLO (SEM MISTURA)		DATA DA MOLDAGEM:	DATA DA RUPTURA:
AMOSTRA 02		29/3/2011	5/4/2011
DADOS DO CORPO DE PROVA		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Peso do molde (g)	2125	Cápsula N°	C - 34
Peso do molde + solo (g)	4145	Peso bruto úmido (g)	87,04
Peso do corpo-de-prova úmido (g)	2020	Peso bruto seco (g)	81,15
Volume do molde (cm ³)	1020,5	Tara da cápsula (g)	14,12
Cilindro N°	1	Peso da água (g)	5,89
Massa específica aparente do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,98	Peso do solo seco (g)	67,03
Massa específica aparente seca do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,820	Teor de umidade (%)	8,79
Grau de compactação (%)	92,74	Teor médio de umidade (%)	8,79
DADOS DO ENSAIO		EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DA RESISTÊNCIA	
Carga de ruptura - C (Kgf)	2130	RC = (C/A) x 0,1 [MPa]	
Constante do anel	0,25		
Área da seção transversal do corpo de prova - A (cm ²)	78,54		
Resistência à compressão simples - RC (MPa)	0,68		

DADOS COMPLEMENTARES		ENERGIA	NORMAL
Densidade máxima (g/cm ³)	1,962	GOLPES/CAMADAS	26
Umidade ótima ho (%)	10,05	N° DE CAMADAS	3
Umidade higroscópica hi (%)	0,57		
ho - hi (%)	9,48		

MISTURA: SOLO (SEM MISTURA)		DATA DA MOLDAGEM:	DATA DA RUPTURA:
AMOSTRA 03		29/3/2011	5/4/2011
DADOS DO CORPO DE PROVA		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Peso do molde (g)	2125	Cápsula N°	C - 10
Peso do molde + solo (g)	4125	Peso bruto úmido (g)	76,06
Peso do corpo-de-prova úmido (g)	2000	Peso bruto seco (g)	71,08
Volume do molde (cm ³)	1020,5	Tara da cápsula (g)	13,91
Cilindro N°	1	Peso da água (g)	4,98
Massa específica aparente do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,96	Peso do solo seco (g)	57,17
Massa específica aparente seca do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,803	Teor de umidade (%)	8,71
Grau de compactação (%)	91,89	Teor médio de umidade (%)	8,71
DADOS DO ENSAIO		EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DA RESISTÊNCIA	
Carga de ruptura - C (Kgf)	1720	RC = (C/A) x 0,1 [MPa]	
Constante do anel	0,25		
Área da seção transversal do corpo de prova - A (cm ²)	78,54		
Resistência à compressão simples - RC (MPa)	0,55		

DADOS COMPLEMENTARES		ENERGIA	NORMAL
Densidade máxima (g/cm ³)	1,962	GOLPES/CAMADAS	26
Umidade ótima ho (%)	10,05	N° DE CAMADAS	3
Umidade higroscópica hi (%)	0,57		
ho - hi (%)	9,48		

MISTURA: SOLO 55% + MF 45%		DATA DA MOLDAGEM:	DATA DA RUPTURA:
AMOSTRA 01		29/3/2011	5/4/2011
DADOS DO CORPO DE PROVA		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Peso do molde (g)	2125	Cápsula N°	C - 6
Peso do molde + solo (g)	4290	Peso bruto úmido (g)	87,62
Peso do corpo-de-prova úmido (g)	2165	Peso bruto seco (g)	80,10
Volume do molde (cm ³)	1020,5	Tara da cápsula (g)	14,26
Cilindro N°	1	Peso da água (g)	7,52
Massa específica aparente do corpo-de-prova (g/cm ³)	2,12	Peso do solo seco (g)	65,84
Massa específica aparente seca do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,904	Teor de umidade (%)	11,42
Grau de compactação (%)	95,82	Teor médio de umidade (%)	11,42
DADOS DO ENSAIO		EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DA RESISTÊNCIA	
Carga de ruptura - C (Kgf)	2464	$RC = (C/A) \times 0,1 \text{ [MPa]}$	
Constante do anel	0,25		
Área da seção transversal do corpo de prova - A (cm ²)	78,54		
Resistência à compressão simples - RC (MPa)	0,78		
DADOS COMPLEMENTARES		ENERGIA	NORMAL
Densidade máxima (g/cm ³)	1,987	GOLPES/CAMADAS	26
Umidade ótima ho (%)	9,1		
Umidade higroscópica hi (%)	0,44	N° DE CAMADAS	3
ho - hi (%)	8,66		

MISTURA: SOLO 55% + MF 45%		DATA DA MOLDAGEM:	DATA DA RUPTURA:
AMOSTRA 02		29/3/2011	5/4/2011
DADOS DO CORPO DE PROVA		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Peso do molde (g)	2125	Cápsula N°	C -23
Peso do molde + solo (g)	4320	Peso bruto úmido (g)	78,57
Peso do corpo-de-prova úmido (g)	2195	Peso bruto seco (g)	71,53
Volume do molde (cm ³)	1020,5	Tara da cápsula (g)	13,10
Cilindro N°	1	Peso da água (g)	7,04
Massa específica aparente do corpo-de-prova (g/cm ³)	2,15	Peso do solo seco (g)	58,43
Massa específica aparente seca do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,920	Teor de umidade (%)	12,05
Grau de compactação (%)	96,61	Teor médio de umidade (%)	12,05
DADOS DO ENSAIO		EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DA RESISTÊNCIA	
Carga de ruptura - C (Kgf)	3134	$RC = (C/A) \times 0,1 \text{ [MPa]}$	
Constante do anel	0,25		
Área da seção transversal do corpo de prova - A (cm ²)	78,54		
Resistência à compressão simples - RC (MPa)	1,00		
DADOS COMPLEMENTARES		ENERGIA	NORMAL
Densidade máxima (g/cm ³)	1,987	GOLPES/CAMADAS	26
Umidade ótima ho (%)	9,1		
Umidade higroscópica hi (%)	0,44	N° DE CAMADAS	3
ho - hi (%)	8,66		

MISTURA: SOLO 55% + MF 45%		DATA DA MOLDAGEM:	DATA DA RUPTURA:
AMOSTRA 03		29/3/2011	5/4/2011
DADOS DO CORPO DE PROVA		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Peso do molde (g)	2125	Cápsula N°	C -12
Peso do molde + solo (g)	4340	Peso bruto úmido (g)	86,28
Peso do corpo-de-prova úmido (g)	2215	Peso bruto seco (g)	78,97
Volume do molde (cm ³)	1020,5	Tara da cápsula (g)	13,37
Cilindro N°	1	Peso da água (g)	7,31
Massa específica aparente do corpo-de-prova (g/cm ³)	2,17	Peso do solo seco (g)	65,60
Massa específica aparente seca do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,953	Teor de umidade (%)	11,14
Grau de compactação (%)	98,28	Teor médio de umidade (%)	11,14
DADOS DO ENSAIO		EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DA RESISTÊNCIA	
Carga de ruptura - C (Kgf)	3638	$RC = (C/A) \times 0,1 \text{ [MPa]}$	
Constante do anel	0,25		
Área da seção transversal do corpo de prova - A (cm ²)	78,54		
Resistência à compressão simples - RC (MPa)	1,16		
DADOS COMPLEMENTARES		ENERGIA	NORMAL
Densidade máxima (g/cm ³)	1,987	GOLPES/CAMADAS	26
Umidade ótima ho (%)	9,1		
Umidade higroscópica hi (%)	0,44	N° DE CAMADAS	3
ho - hi (%)	8,66		

Utilização de material fresado para aplicação em camadas estabilizadas de bases e sub-bases de pavimentos rodoviários

MISTURA: CAL 2% + SOLO 53% + MF 45%		DATA DA MOLDAGEM:	DATA DA RUPTURA:
AMOSTRA 01		29/3/2011	5/4/2011
DADOS DO CORPO DE PROVA		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Peso do molde (g)	2125	Cápsula N°	C - 9
Peso do molde + solo (g)	4290	Peso bruto úmido (g)	94,88
Peso do corpo-de-prova úmido (g)	2165	Peso bruto seco (g)	85,66
Volume do molde (cm ³)	1020,5	Tara da cápsula (g)	14,82
Cilindro N°	1	Peso da água (g)	9,22
Massa específica aparente do corpo-de-prova (g/cm ³)	2,12	Peso do solo seco (g)	70,84
Massa específica aparente seca do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,877	Teor de umidade (%)	13,02
Grau de compactação (%)	100,82	Teor médio de umidade (%)	13,02
DADOS DO ENSAIO		EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DA RESISTÊNCIA	
Carga de ruptura - C (Kgf)	2530	RC = (C/A) x 0,1 [MPa]	
Constante do anel	0,25		
Área da seção transversal do corpo de prova - A (cm ²)	78,54		
Resistência à compressão simples - RC (MPa)	0,81		

DADOS COMPLEMENTARES		ENERGIA	NORMAL
Densidade máxima (g/cm ³)	1,862	GOLPES/CAMADAS	26
Umidade ótima ho (%)	13,73		
Umidade higroscópica hi (%)	0,22	N° DE CAMADAS	3
ho - hi (%)	13,51		

MISTURA: CAL 2% + SOLO 53% + MF 45%		DATA DA MOLDAGEM:	DATA DA RUPTURA:
AMOSTRA 02		29/3/2011	5/4/2011
DADOS DO CORPO DE PROVA		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Peso do molde (g)	2125	Cápsula N°	C - 40
Peso do molde + solo (g)	4310	Peso bruto úmido (g)	93,79
Peso do corpo-de-prova úmido (g)	2185	Peso bruto seco (g)	84,74
Volume do molde (cm ³)	1020,5	Tara da cápsula (g)	13,53
Cilindro N°	1	Peso da água (g)	9,05
Massa específica aparente do corpo-de-prova (g/cm ³)	2,14	Peso do solo seco (g)	71,21
Massa específica aparente seca do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,900	Teor de umidade (%)	12,71
Grau de compactação (%)	102,02	Teor médio de umidade (%)	12,71
DADOS DO ENSAIO		EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DA RESISTÊNCIA	
Carga de ruptura - C (Kgf)	2585	RC = (C/A) x 0,1 [MPa]	
Constante do anel	0,25		
Área da seção transversal do corpo de prova - A (cm ²)	78,54		
Resistência à compressão simples - RC (MPa)	0,82		

DADOS COMPLEMENTARES		ENERGIA	NORMAL
Densidade máxima (g/cm ³)	1,862	GOLPES/CAMADAS	26
Umidade ótima ho (%)	13,73		
Umidade higroscópica hi (%)	0,22	N° DE CAMADAS	3
ho - hi (%)	13,51		

MISTURA: CAL 2% + SOLO 53% + MF 45%		DATA DA MOLDAGEM:	DATA DA RUPTURA:
AMOSTRA 03		29/3/2011	5/4/2011
DADOS DO CORPO DE PROVA		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Peso do molde (g)	2125	Cápsula N°	C - 8
Peso do molde + solo (g)	4320	Peso bruto úmido (g)	82,25
Peso do corpo-de-prova úmido (g)	2195	Peso bruto seco (g)	73,93
Volume do molde (cm ³)	1020,5	Tara da cápsula (g)	14,32
Cilindro N°	1	Peso da água (g)	8,32
Massa específica aparente do corpo-de-prova (g/cm ³)	2,15	Peso do solo seco (g)	59,61
Massa específica aparente seca do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,887	Teor de umidade (%)	13,96
Grau de compactação (%)	101,37	Teor médio de umidade (%)	13,96
DADOS DO ENSAIO		EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DA RESISTÊNCIA	
Carga de ruptura - C (Kgf)	2795	RC = (C/A) x 0,1 [MPa]	
Constante do anel	0,25		
Área da seção transversal do corpo de prova - A (cm ²)	78,54		
Resistência à compressão simples - RC (MPa)	0,89		

DADOS COMPLEMENTARES		ENERGIA	NORMAL
Densidade máxima (g/cm ³)	1,862	GOLPES/CAMADAS	26
Umidade ótima ho (%)	13,73		
Umidade higroscópica hi (%)	0,22	N° DE CAMADAS	3
ho - hi (%)	13,51		

Utilização de material fresado para aplicação em camadas estabilizadas de bases e sub-bases de pavimentos rodoviários

MISTURA: CAL 4% + SOLO 51% + MF 45%		DATA DA MOLDAGEM:	DATA DA RUPTURA:
AMOSTRA 01		29/3/2011	5/4/2011
DADOS DO CORPO DE PROVA		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Peso do molde (g)	2125	Cápsula N°	C - 28
Peso do molde + solo (g)	4325	Peso bruto úmido (g)	93,23
Peso do corpo-de-prova úmido (g)	2200	Peso bruto seco (g)	83,46
Volume do molde (cm ³)	1020,5	Tara da cápsula (g)	13,92
Cilindro N°	1	Peso da água (g)	9,77
Massa específica aparente do corpo-de-prova (g/cm ³)	2,16	Peso do solo seco (g)	69,54
Massa específica aparente seca do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,890	Teor de umidade (%)	14,05
Grau de compactação (%)	101,95	Teor médio de umidade (%)	14,05
DADOS DO ENSAIO		EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DA RESISTÊNCIA	
Carga de ruptura - C (Kgf)	377	RC = (C/A) x 0,1 [MPa]	
Constante do anel	1,961		
Área da seção transversal do corpo de prova - A (cm ²)	78,54		
Resistência à compressão simples - RC (MPa)	0,94		

DADOS COMPLEMENTARES		ENERGIA	NORMAL
Densidade máxima (g/cm ³)	1,854	GOLPES/CAMADAS	26
Umidade ótima ho (%)	14,38		
Umidade higroscópica hi (%)	0,21	N° DE CAMADAS	3
ho - hi (%)	14,17		

MISTURA: CAL 4% + SOLO 51% + MF 45%		DATA DA MOLDAGEM:	DATA DA RUPTURA:
AMOSTRA 02		29/3/2011	5/4/2011
DADOS DO CORPO DE PROVA		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Peso do molde (g)	2125	Cápsula N°	C - 21
Peso do molde + solo (g)	4305	Peso bruto úmido (g)	87,01
Peso do corpo-de-prova úmido (g)	2180	Peso bruto seco (g)	78,91
Volume do molde (cm ³)	1020,5	Tara da cápsula (g)	14,45
Cilindro N°	1	Peso da água (g)	8,10
Massa específica aparente do corpo-de-prova (g/cm ³)	2,14	Peso do solo seco (g)	64,46
Massa específica aparente seca do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,898	Teor de umidade (%)	12,57
Grau de compactação (%)	102,36	Teor médio de umidade (%)	12,57
DADOS DO ENSAIO		EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DA RESISTÊNCIA	
Carga de ruptura - C (Kgf)	351	RC = (C/A) x 0,1 [MPa]	
Constante do anel	1,961		
Área da seção transversal do corpo de prova - A (cm ²)	78,54		
Resistência à compressão simples - RC (MPa)	0,88		

DADOS COMPLEMENTARES		ENERGIA	NORMAL
Densidade máxima (g/cm ³)	1,854	GOLPES/CAMADAS	26
Umidade ótima ho (%)	14,38		
Umidade higroscópica hi (%)	0,21	N° DE CAMADAS	3
ho - hi (%)	14,17		

MISTURA: CAL 4% + SOLO 51% + MF 45%		DATA DA MOLDAGEM:	DATA DA RUPTURA:
AMOSTRA 03		29/3/2011	5/4/2011
DADOS DO CORPO DE PROVA		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Peso do molde (g)	2125	Cápsula N°	C - 24
Peso do molde + solo (g)	4300	Peso bruto úmido (g)	78,78
Peso do corpo-de-prova úmido (g)	2175	Peso bruto seco (g)	71,11
Volume do molde (cm ³)	1020,5	Tara da cápsula (g)	14,30
Cilindro N°	1	Peso da água (g)	7,67
Massa específica aparente do corpo-de-prova (g/cm ³)	2,13	Peso do solo seco (g)	56,81
Massa específica aparente seca do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,878	Teor de umidade (%)	13,50
Grau de compactação (%)	101,26	Teor médio de umidade (%)	13,50
DADOS DO ENSAIO		EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DA RESISTÊNCIA	
Carga de ruptura - C (Kgf)	375	RC = (C/A) x 0,1 [MPa]	
Constante do anel	1,961		
Área da seção transversal do corpo de prova - A (cm ²)	78,54		
Resistência à compressão simples - RC (MPa)	0,94		

DADOS COMPLEMENTARES		ENERGIA	NORMAL
Densidade máxima (g/cm ³)	1,854	GOLPES/CAMADAS	26
Umidade ótima ho (%)	14,38		
Umidade higroscópica hi (%)	0,21	N° DE CAMADAS	3
ho - hi (%)	14,17		

Utilização de material fresado para aplicação em camadas estabilizadas de bases e sub-bases de pavimentos rodoviários

MISTURA: CAL 6% + SOLO 49% + MF 45%		DATA DA MOLDAGEM:	DATA DA RUPTURA:
AMOSTRA 01		29/3/2011	5/4/2011
DADOS DO CORPO DE PROVA		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Peso do molde (g)	2125	Cápsula N°	C - 30
Peso do molde + solo (g)	4245	Peso bruto úmido (g)	87,84
Peso do corpo-de-prova úmido (g)	2120	Peso bruto seco (g)	80,67
Volume do molde (cm ³)	1020,5	Tara da cápsula (g)	13,55
Cilindro N°	1	Peso da água (g)	7,17
Massa específica aparente do corpo-de-prova (g/cm ³)	2,08	Peso do solo seco (g)	67,12
Massa específica aparente seca do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,877	Teor de umidade (%)	10,68
Grau de compactação (%)	100,42	Teor médio de umidade (%)	10,68
DADOS DO ENSAIO		EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DA RESISTÊNCIA	
Carga de ruptura - C (Kgf)	370	RC = (C/A) x 0,1 [MPa]	
Constante do anel	1,961		
Área da seção transversal do corpo de prova - A (cm ²)	78,54		
Resistência à compressão simples - RC (MPa)	0,92		
DADOS COMPLEMENTARES		ENERGIA	NORMAL
Densidade máxima (g/cm ³)	1,869	GOLPES/CAMADAS	26
Umidade ótima ho (%)	13,84		
Umidade higroscópica hi (%)	0,17	N° DE CAMADAS	3
ho - hi (%)	13,67		

MISTURA: CAL 6% + SOLO 49% + MF 45%		DATA DA MOLDAGEM:	DATA DA RUPTURA:
AMOSTRA 02		29/3/2011	5/4/2011
DADOS DO CORPO DE PROVA		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Peso do molde (g)	2125	Cápsula N°	C - 26
Peso do molde + solo (g)	4245	Peso bruto úmido (g)	73,86
Peso do corpo-de-prova úmido (g)	2120	Peso bruto seco (g)	67,10
Volume do molde (cm ³)	1020,5	Tara da cápsula (g)	7,78
Cilindro N°	1	Peso da água (g)	6,76
Massa específica aparente do corpo-de-prova (g/cm ³)	2,08	Peso do solo seco (g)	59,32
Massa específica aparente seca do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,865	Teor de umidade (%)	11,40
Grau de compactação (%)	99,78	Teor médio de umidade (%)	11,40
DADOS DO ENSAIO		EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DA RESISTÊNCIA	
Carga de ruptura - C (Kgf)	423	RC = (C/A) x 0,1 [MPa]	
Constante do anel	1,961		
Área da seção transversal do corpo de prova - A (cm ²)	78,54		
Resistência à compressão simples - RC (MPa)	1,06		
DADOS COMPLEMENTARES		ENERGIA	NORMAL
Densidade máxima (g/cm ³)	1,869	GOLPES/CAMADAS	26
Umidade ótima ho (%)	13,84		
Umidade higroscópica hi (%)	0,17	N° DE CAMADAS	3
ho - hi (%)	13,67		

MISTURA: CAL 6% + SOLO 49% + MF 45%		DATA DA MOLDAGEM:	DATA DA RUPTURA:
AMOSTRA 03		29/3/2011	5/4/2011
DADOS DO CORPO DE PROVA		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Peso do molde (g)	2125	Cápsula N°	C - 32
Peso do molde + solo (g)	4210	Peso bruto úmido (g)	78,55
Peso do corpo-de-prova úmido (g)	2085	Peso bruto seco (g)	72,46
Volume do molde (cm ³)	1020,5	Tara da cápsula (g)	13,54
Cilindro N°	1	Peso da água (g)	6,09
Massa específica aparente do corpo-de-prova (g/cm ³)	2,04	Peso do solo seco (g)	58,92
Massa específica aparente seca do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,852	Teor de umidade (%)	10,34
Grau de compactação (%)	99,08	Teor médio de umidade (%)	10,34
DADOS DO ENSAIO		EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DA RESISTÊNCIA	
Carga de ruptura - C (Kgf)	375	RC = (C/A) x 0,1 [MPa]	
Constante do anel	1,961		
Área da seção transversal do corpo de prova - A (cm ²)	78,54		
Resistência à compressão simples - RC (MPa)	0,94		
DADOS COMPLEMENTARES		ENERGIA	NORMAL
Densidade máxima (g/cm ³)	1,869	GOLPES/CAMADAS	26
Umidade ótima ho (%)	13,84		
Umidade higroscópica hi (%)	0,17	N° DE CAMADAS	3
ho - hi (%)	13,67		

Utilização de material fresado para aplicação em camadas estabilizadas de bases e sub-bases de pavimentos rodoviários

MISTURA: CAL 8% + SOLO 47% + MF 45%		DATA DA MOLDAGEM:	DATA DA RUPTURA:
AMOSTRA 01		29/3/2011	5/4/2011
DADOS DO CORPO DE PROVA		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Peso do molde (g)	2125	Cápsula N°	C - 2
Peso do molde + solo (g)	4275	Peso bruto úmido (g)	77,22
Peso do corpo-de-prova úmido (g)	2150	Peso bruto seco (g)	69,96
Volume do molde (cm ³)	1020,5	Tara da cápsula (g)	13,56
Cilindro N°	1	Peso da água (g)	7,26
Massa específica aparente do corpo-de-prova (g/cm ³)	2,11	Peso do solo seco (g)	56,40
Massa específica aparente seca do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,867	Teor de umidade (%)	12,87
Grau de compactação (%)	100,62	Teor médio de umidade (%)	12,87
DADOS DO ENSAIO		EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DA RESISTÊNCIA	
Carga de ruptura - C (Kgf)	440	RC = (C/A) x 0,1 [MPa]	
Constante do anel	1,961		
Área da seção transversal do corpo de prova - A (cm ²)	78,54		
Resistência à compressão simples - RC (MPa)	1,10		

DADOS COMPLEMENTARES		ENERGIA	NORMAL
Densidade máxima (g/cm ³)	1,855	GOLPES/CAMADAS	26
Umidade ótima ho (%)	14,06	N° DE CAMADAS	3
Umidade higroscópica hi (%)	0,26		
ho - hi (%)	13,8		

MISTURA: CAL 8% + SOLO 47% + MF 45%		DATA DA MOLDAGEM:	DATA DA RUPTURA:
AMOSTRA 02		29/3/2011	5/4/2011
DADOS DO CORPO DE PROVA		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Peso do molde (g)	2125	Cápsula N°	C - 13
Peso do molde + solo (g)	4295	Peso bruto úmido (g)	82,43
Peso do corpo-de-prova úmido (g)	2170	Peso bruto seco (g)	74,74
Volume do molde (cm ³)	1020,5	Tara da cápsula (g)	14,78
Cilindro N°	1	Peso da água (g)	7,69
Massa específica aparente do corpo-de-prova (g/cm ³)	2,13	Peso do solo seco (g)	59,96
Massa específica aparente seca do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,885	Teor de umidade (%)	12,83
Grau de compactação (%)	101,60	Teor médio de umidade (%)	12,83
DADOS DO ENSAIO		EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DA RESISTÊNCIA	
Carga de ruptura - C (Kgf)	415	RC = (C/A) x 0,1 [MPa]	
Constante do anel	1,961		
Área da seção transversal do corpo de prova - A (cm ²)	78,54		
Resistência à compressão simples - RC (MPa)	1,04		

DADOS COMPLEMENTARES		ENERGIA	NORMAL
Densidade máxima (g/cm ³)	1,855	GOLPES/CAMADAS	26
Umidade ótima ho (%)	14,06	N° DE CAMADAS	3
Umidade higroscópica hi (%)	0,26		
ho - hi (%)	13,8		

MISTURA: CAL 8% + SOLO 47% + MF 45%		DATA DA MOLDAGEM:	DATA DA RUPTURA:
AMOSTRA 03		29/3/2011	5/4/2011
DADOS DO CORPO DE PROVA		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Peso do molde (g)	2125	Cápsula N°	C - 20
Peso do molde + solo (g)	4300	Peso bruto úmido (g)	83,58
Peso do corpo-de-prova úmido (g)	2175	Peso bruto seco (g)	75,56
Volume do molde (cm ³)	1020,5	Tara da cápsula (g)	13,86
Cilindro N°	1	Peso da água (g)	8,02
Massa específica aparente do corpo-de-prova (g/cm ³)	2,13	Peso do solo seco (g)	61,70
Massa específica aparente seca do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,886	Teor de umidade (%)	13,00
Grau de compactação (%)	101,68	Teor médio de umidade (%)	13,00
DADOS DO ENSAIO		EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DA RESISTÊNCIA	
Carga de ruptura - C (Kgf)	520	RC = (C/A) x 0,1 [MPa]	
Constante do anel	1,961		
Área da seção transversal do corpo de prova - A (cm ²)	78,54		
Resistência à compressão simples - RC (MPa)	1,30		

DADOS COMPLEMENTARES		ENERGIA	NORMAL
Densidade máxima (g/cm ³)	1,855	GOLPES/CAMADAS	26
Umidade ótima ho (%)	14,06	N° DE CAMADAS	3
Umidade higroscópica hi (%)	0,26		
ho - hi (%)	13,8		

Utilização de material fresado para aplicação em camadas estabilizadas de bases e sub-bases de pavimentos rodoviários

MISTURA: CAL 10% + SOLO 45% + MF 45%		DATA DA MOLDAGEM:	DATA DA RUPTURA:
AMOSTRA 01		29/3/2011	5/4/2011
DADOS DO CORPO DE PROVA		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Peso do molde (g)	2125	Cápsula N°	C - 3
Peso do molde + solo (g)	4255	Peso bruto úmido (g)	85,96
Peso do corpo-de-prova úmido (g)	2130	Peso bruto seco (g)	77,87
Volume do molde (cm ³)	1020,5	Tara da cápsula (g)	13,85
Cilindro N°	1	Peso da água (g)	8,09
Massa específica aparente do corpo-de-prova (g/cm ³)	2,09	Peso do solo seco (g)	64,02
Massa específica aparente seca do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,853	Teor de umidade (%)	12,64
Grau de compactação (%)	100,60	Teor médio de umidade (%)	12,64
DADOS DO ENSAIO		EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DA RESISTÊNCIA	
Carga de ruptura - C (Kgf)	540	RC = (C/A) x 0,1 [MPa]	
Constante do anel	1,961		
Área da seção transversal do corpo de prova - A (cm ²)	78,54		
Resistência à compressão simples - RC (MPa)	1,35		

DADOS COMPLEMENTARES		ENERGIA	NORMAL
Densidade máxima (g/cm ³)	1,842	GOLPES/CAMADAS	26
Umidade ótima ho (%)	14,32		
Umidade higroscópica hi (%)	0,25	N° DE CAMADAS	3
ho - hi (%)	14,07		

MISTURA: CAL 10% + SOLO 45% + MF 45%		DATA DA MOLDAGEM:	DATA DA RUPTURA:
AMOSTRA 02		29/3/2011	5/4/2011
DADOS DO CORPO DE PROVA		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Peso do molde (g)	2125	Cápsula N°	C - 15
Peso do molde + solo (g)	4260	Peso bruto úmido (g)	86,87
Peso do corpo-de-prova úmido (g)	2135	Peso bruto seco (g)	77,97
Volume do molde (cm ³)	1020,5	Tara da cápsula (g)	13,70
Cilindro N°	1	Peso da água (g)	8,90
Massa específica aparente do corpo-de-prova (g/cm ³)	2,09	Peso do solo seco (g)	64,27
Massa específica aparente seca do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,838	Teor de umidade (%)	13,85
Grau de compactação (%)	99,76	Teor médio de umidade (%)	13,85
DADOS DO ENSAIO		EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DA RESISTÊNCIA	
Carga de ruptura - C (Kgf)	465	RC = (C/A) x 0,1 [MPa]	
Constante do anel	1,961		
Área da seção transversal do corpo de prova - A (cm ²)	78,54		
Resistência à compressão simples - RC (MPa)	1,16		

DADOS COMPLEMENTARES		ENERGIA	NORMAL
Densidade máxima (g/cm ³)	1,842	GOLPES/CAMADAS	26
Umidade ótima ho (%)	14,32		
Umidade higroscópica hi (%)	0,25	N° DE CAMADAS	3
ho - hi (%)	14,07		

MISTURA: CAL 10% + SOLO 45% + MF 45%		DATA DA MOLDAGEM:	DATA DA RUPTURA:
AMOSTRA 03		29/3/2011	5/4/2011
DADOS DO CORPO DE PROVA		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Peso do molde (g)	2125	Cápsula N°	C - 33
Peso do molde + solo (g)	4250	Peso bruto úmido (g)	89,50
Peso do corpo-de-prova úmido (g)	2125	Peso bruto seco (g)	80,77
Volume do molde (cm ³)	1020,5	Tara da cápsula (g)	14,14
Cilindro N°	1	Peso da água (g)	8,73
Massa específica aparente do corpo-de-prova (g/cm ³)	2,08	Peso do solo seco (g)	66,63
Massa específica aparente seca do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,841	Teor de umidade (%)	13,10
Grau de compactação (%)	99,95	Teor médio de umidade (%)	13,10
DADOS DO ENSAIO		EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DA RESISTÊNCIA	
Carga de ruptura - C (Kgf)	410	RC = (C/A) x 0,1 [MPa]	
Constante do anel	1,961		
Área da seção transversal do corpo de prova - A (cm ²)	78,54		
Resistência à compressão simples - RC (MPa)	1,02		

DADOS COMPLEMENTARES		ENERGIA	NORMAL
Densidade máxima (g/cm ³)	1,842	GOLPES/CAMADAS	26
Umidade ótima ho (%)	14,32		
Umidade higroscópica hi (%)	0,25	N° DE CAMADAS	3
ho - hi (%)	14,07		

Utilização de material fresado para aplicação em camadas estabilizadas de bases e sub-bases de pavimentos rodoviários

MISTURA: CIMENTO 2% + SOLO 53% + MF 45%		DATA DA MOLDAGEM:	DATA DA RUPTURA:
AMOSTRA 01		29/3/2011	5/4/2011
DADOS DO CORPO DE PROVA		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Peso do molde (g)	2125	Cápsula N°	C - 16
Peso do molde + solo (g)	4190	Peso bruto úmido (g)	71,68
Peso do corpo-de-prova úmido (g)	2065	Peso bruto seco (g)	66,63
Volume do molde (cm ³)	1020,5	Tara da cápsula (g)	13,34
Cilindro N°	1	Peso da água (g)	5,05
Massa específica aparente do corpo-de-prova (g/cm ³)	2,02	Peso do solo seco (g)	53,29
Massa específica aparente seca do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,848	Teor de umidade (%)	9,48
Grau de compactação (%)	96,17	Teor médio de umidade (%)	9,48
DADOS DO ENSAIO		EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DA RESISTÊNCIA	
Carga de ruptura - C (Kgf)	270	$RC = (C/A) \times 0,1 \text{ [MPa]}$	
Constante do anel	1,961		
Área da seção transversal do corpo de prova - A (cm ²)	78,54		
Resistência à compressão simples - RC (MPa)	0,67		
DADOS COMPLEMENTARES		ENERGIA	NORMAL
Densidade máxima (g/cm ³)	1,922	GOLPES/CAMADAS	26
Umidade ótima ho (%)	11,36	N° DE CAMADAS	3
Umidade higroscópica hi (%)	0,32		
ho - hi (%)	11,04		

MISTURA: CIMENTO 2% + SOLO 53% + MF 45%		DATA DA MOLDAGEM:	DATA DA RUPTURA:
AMOSTRA 02		29/3/2011	5/4/2011
DADOS DO CORPO DE PROVA		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Peso do molde (g)	2125	Cápsula N°	C - 18
Peso do molde + solo (g)	4295	Peso bruto úmido (g)	70,04
Peso do corpo-de-prova úmido (g)	2170	Peso bruto seco (g)	64,32
Volume do molde (cm ³)	1020,5	Tara da cápsula (g)	13,75
Cilindro N°	1	Peso da água (g)	5,72
Massa específica aparente do corpo-de-prova (g/cm ³)	2,13	Peso do solo seco (g)	50,57
Massa específica aparente seca do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,910	Teor de umidade (%)	11,31
Grau de compactação (%)	99,39	Teor médio de umidade (%)	11,31
DADOS DO ENSAIO		EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DA RESISTÊNCIA	
Carga de ruptura - C (Kgf)	360	$RC = (C/A) \times 0,1 \text{ [MPa]}$	
Constante do anel	1,961		
Área da seção transversal do corpo de prova - A (cm ²)	78,54		
Resistência à compressão simples - RC (MPa)	0,90		
DADOS COMPLEMENTARES		ENERGIA	NORMAL
Densidade máxima (g/cm ³)	1,922	GOLPES/CAMADAS	26
Umidade ótima ho (%)	11,36	N° DE CAMADAS	3
Umidade higroscópica hi (%)	0,32		
ho - hi (%)	11,04		

MISTURA: CIMENTO 2% + SOLO 53% + MF 45%		DATA DA MOLDAGEM:	DATA DA RUPTURA:
AMOSTRA 03		29/3/2011	5/4/2011
DADOS DO CORPO DE PROVA		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Peso do molde (g)	2125	Cápsula N°	C - 345
Peso do molde + solo (g)	4220	Peso bruto úmido (g)	81,79
Peso do corpo-de-prova úmido (g)	2095	Peso bruto seco (g)	75,58
Volume do molde (cm ³)	1020,5	Tara da cápsula (g)	13,88
Cilindro N°	1	Peso da água (g)	6,21
Massa específica aparente do corpo-de-prova (g/cm ³)	2,05	Peso do solo seco (g)	61,70
Massa específica aparente seca do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,865	Teor de umidade (%)	10,06
Grau de compactação (%)	97,04	Teor médio de umidade (%)	10,06
DADOS DO ENSAIO		EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DA RESISTÊNCIA	
Carga de ruptura - C (Kgf)	265	$RC = (C/A) \times 0,1 \text{ [MPa]}$	
Constante do anel	1,961		
Área da seção transversal do corpo de prova - A (cm ²)	78,54		
Resistência à compressão simples - RC (MPa)	0,66		
DADOS COMPLEMENTARES		ENERGIA	NORMAL
Densidade máxima (g/cm ³)	1,922	GOLPES/CAMADAS	26
Umidade ótima ho (%)	11,36	N° DE CAMADAS	3
Umidade higroscópica hi (%)	0,32		
ho - hi (%)	11,04		

Utilização de material fresado para aplicação em camadas estabilizadas de bases e sub-bases de pavimentos rodoviários

MISTURA: CIMENTO 4% + SOLO 51% + MF 45%		DATA DA MOLDAGEM:	DATA DA RUPTURA:
AMOSTRA 01		29/3/2011	5/4/2011
DADOS DO CORPO DE PROVA		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Peso do molde (g)	2125	Cápsula N°	C - 4
Peso do molde + solo (g)	4240	Peso bruto úmido (g)	73,21
Peso do corpo-de-prova úmido (g)	2115	Peso bruto seco (g)	67,98
Volume do molde (cm ³)	1020,5	Tara da cápsula (g)	13,32
Cilindro N°	1	Peso da água (g)	5,23
Massa específica aparente do corpo-de-prova (g/cm ³)	2,07	Peso do solo seco (g)	54,66
Massa específica aparente seca do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,892	Teor de umidade (%)	9,57
Grau de compactação (%)	98,93	Teor médio de umidade (%)	9,57
DADOS DO ENSAIO		EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DA RESISTÊNCIA	
Carga de ruptura - C (Kgf)	450	$RC = (C/A) \times 0,1 \text{ [MPa]}$	
Constante do anel	1,961		
Área da seção transversal do corpo de prova - A (cm ²)	78,54		
Resistência à compressão simples - RC (MPa)	1,12		

DADOS COMPLEMENTARES		ENERGIA	NORMAL
Densidade máxima (g/cm ³)	1,912	GOLPES/CAMADAS	26
Umidade ótima ho (%)	11,46	N° DE CAMADAS	3
Umidade higroscópica hi (%)	0,3		
ho - hi (%)	11,16		

MISTURA: CIMENTO 4% + SOLO 51% + MF 45%		DATA DA MOLDAGEM:	DATA DA RUPTURA:
AMOSTRA 02		29/3/2011	5/4/2011
DADOS DO CORPO DE PROVA		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Peso do molde (g)	2125	Cápsula N°	C - 31
Peso do molde + solo (g)	4260	Peso bruto úmido (g)	93,01
Peso do corpo-de-prova úmido (g)	2135	Peso bruto seco (g)	85,47
Volume do molde (cm ³)	1020,5	Tara da cápsula (g)	14,71
Cilindro N°	1	Peso da água (g)	7,54
Massa específica aparente do corpo-de-prova (g/cm ³)	2,09	Peso do solo seco (g)	70,76
Massa específica aparente seca do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,891	Teor de umidade (%)	10,66
Grau de compactação (%)	98,88	Teor médio de umidade (%)	10,66
DADOS DO ENSAIO		EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DA RESISTÊNCIA	
Carga de ruptura - C (Kgf)	580	$RC = (C/A) \times 0,1 \text{ [MPa]}$	
Constante do anel	1,961		
Área da seção transversal do corpo de prova - A (cm ²)	78,54		
Resistência à compressão simples - RC (MPa)	1,45		

DADOS COMPLEMENTARES		ENERGIA	NORMAL
Densidade máxima (g/cm ³)	1,912	GOLPES/CAMADAS	26
Umidade ótima ho (%)	11,46	N° DE CAMADAS	3
Umidade higroscópica hi (%)	0,3		
ho - hi (%)	11,16		

MISTURA: CIMENTO 4% + SOLO 51% + MF 45%		DATA DA MOLDAGEM:	DATA DA RUPTURA:
AMOSTRA 03		29/3/2011	5/4/2011
DADOS DO CORPO DE PROVA		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Peso do molde (g)	2125	Cápsula N°	C - 29
Peso do molde + solo (g)	4260	Peso bruto úmido (g)	85,19
Peso do corpo-de-prova úmido (g)	2135	Peso bruto seco (g)	78,48
Volume do molde (cm ³)	1020,5	Tara da cápsula (g)	13,66
Cilindro N°	1	Peso da água (g)	6,71
Massa específica aparente do corpo-de-prova (g/cm ³)	2,09	Peso do solo seco (g)	64,82
Massa específica aparente seca do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,896	Teor de umidade (%)	10,35
Grau de compactação (%)	99,16	Teor médio de umidade (%)	10,35
DADOS DO ENSAIO		EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DA RESISTÊNCIA	
Carga de ruptura - C (Kgf)	535	$RC = (C/A) \times 0,1 \text{ [MPa]}$	
Constante do anel	1,961		
Área da seção transversal do corpo de prova - A (cm ²)	78,54		
Resistência à compressão simples - RC (MPa)	1,34		

DADOS COMPLEMENTARES		ENERGIA	NORMAL
Densidade máxima (g/cm ³)	1,912	GOLPES/CAMADAS	26
Umidade ótima ho (%)	11,46	N° DE CAMADAS	3
Umidade higroscópica hi (%)	0,3		
ho - hi (%)	11,16		

Utilização de material fresado para aplicação em camadas estabilizadas de bases e sub-bases de pavimentos rodoviários

MISTURA: CIMENTO 6% + SOLO 49% + MF 45%		DATA DA MOLDAGEM:	DATA DA RUPTURA:
AMOSTRA 01		29/3/2011	5/4/2011
DADOS DO CORPO DE PROVA		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Peso do molde (g)	2125	Cápsula N°	C - 1
Peso do molde + solo (g)	4315	Peso bruto úmido (g)	86,99
Peso do corpo-de-prova úmido (g)	2190	Peso bruto seco (g)	79,86
Volume do molde (cm ³)	1020,5	Tara da cápsula (g)	15,34
Cilindro N°	1	Peso da água (g)	7,13
Massa específica aparente do corpo-de-prova (g/cm ³)	2,15	Peso do solo seco (g)	64,52
Massa específica aparente seca do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,932	Teor de umidade (%)	11,05
Grau de compactação (%)	100,96	Teor médio de umidade (%)	11,05
DADOS DO ENSAIO		EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DA RESISTÊNCIA	
Carga de ruptura - C (Kgf)	780	RC = (C/A) x 0,1 [MPa]	
Constante do anel	1,961		
Área da seção transversal do corpo de prova - A (cm ²)	78,54		
Resistência à compressão simples - RC (MPa)	1,95		
DADOS COMPLEMENTARES		ENERGIA	NORMAL
Densidade máxima (g/cm ³)	1,914	GOLPES/CAMADAS	26
Umidade ótima ho (%)	11,44	N° DE CAMADAS	3
Umidade higroscópica hi (%)	0,23		
ho - hi (%)	11,21		

MISTURA: CIMENTO 6% + SOLO 49% + MF 45%		DATA DA MOLDAGEM:	DATA DA RUPTURA:
AMOSTRA 02		29/3/2011	5/4/2011
DADOS DO CORPO DE PROVA		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Peso do molde (g)	2125	Cápsula N°	C - 37
Peso do molde + solo (g)	4320	Peso bruto úmido (g)	88,71
Peso do corpo-de-prova úmido (g)	2195	Peso bruto seco (g)	81,38
Volume do molde (cm ³)	1020,5	Tara da cápsula (g)	14,15
Cilindro N°	1	Peso da água (g)	7,33
Massa específica aparente do corpo-de-prova (g/cm ³)	2,15	Peso do solo seco (g)	67,23
Massa específica aparente seca do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,939	Teor de umidade (%)	10,90
Grau de compactação (%)	101,33	Teor médio de umidade (%)	10,90
DADOS DO ENSAIO		EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DA RESISTÊNCIA	
Carga de ruptura - C (Kgf)	990	RC = (C/A) x 0,1 [MPa]	
Constante do anel	1,961		
Área da seção transversal do corpo de prova - A (cm ²)	78,54		
Resistência à compressão simples - RC (MPa)	2,47		
DADOS COMPLEMENTARES		ENERGIA	NORMAL
Densidade máxima (g/cm ³)	1,914	GOLPES/CAMADAS	26
Umidade ótima ho (%)	11,44	N° DE CAMADAS	3
Umidade higroscópica hi (%)	0,23		
ho - hi (%)	11,21		

MISTURA: CIMENTO 6% + SOLO 49% + MF 45%		DATA DA MOLDAGEM:	DATA DA RUPTURA:
AMOSTRA 03		29/3/2011	5/4/2011
DADOS DO CORPO DE PROVA		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Peso do molde (g)	2125	Cápsula N°	C - 27
Peso do molde + solo (g)	4315	Peso bruto úmido (g)	69,99
Peso do corpo-de-prova úmido (g)	2190	Peso bruto seco (g)	64,59
Volume do molde (cm ³)	1020,5	Tara da cápsula (g)	14,37
Cilindro N°	1	Peso da água (g)	5,40
Massa específica aparente do corpo-de-prova (g/cm ³)	2,15	Peso do solo seco (g)	50,22
Massa específica aparente seca do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,938	Teor de umidade (%)	10,75
Grau de compactação (%)	101,24	Teor médio de umidade (%)	10,75
DADOS DO ENSAIO		EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DA RESISTÊNCIA	
Carga de ruptura - C (Kg)	830	RC = (C/A) x 0,1 [MPa]	
Constante do anel	1,961		
Área da seção transversal do corpo de prova - A (cm ²)	78,54		
Resistência à compressão simples - RC (MPa)	2,07		
DADOS COMPLEMENTARES		ENERGIA	NORMAL
Densidade máxima (g/cm ³)	1,914	GOLPES/CAMADAS	26
Umidade ótima ho (%)	11,44	N° DE CAMADAS	3
Umidade higroscópica hi (%)	0,23		
ho - hi (%)	11,21		

Utilização de material fresado para aplicação em camadas estabilizadas de bases e sub-bases de pavimentos rodoviários

MISTURA: CIMENTO 8% + SOLO 47% + MF 45%		DATA DA MOLDAGEM:	DATA DA RUPTURA:
AMOSTRA 01		29/3/2011	5/4/2011
DADOS DO CORPO DE PROVA		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Peso do molde (g)	2125	Cápsula N°	C - 36
Peso do molde + solo (g)	4320	Peso bruto úmido (g)	79,70
Peso do corpo-de-prova úmido (g)	2195	Peso bruto seco (g)	72,84
Volume do molde (cm ³)	1020,5	Tara da cápsula (g)	13,13
Cilindro N°	1	Peso da água (g)	6,86
Massa específica aparente do corpo-de-prova (g/cm ³)	2,15	Peso do solo seco (g)	59,71
Massa específica aparente seca do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,929	Teor de umidade (%)	11,49
Grau de compactação (%)	99,55	Teor média de umidade (%)	11,49
DADOS DO ENSAIO		EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DA RESISTÊNCIA	
Carga de ruptura - C (Kgf)	1010	$RC = (C/A) \times 0,1 \text{ [MPa]}$	
Constante do anel	1,961		
Área da seção transversal do corpo de prova - A (cm ²)	78,54		
Resistência à compressão simples - RC (MPa)	2,52		

DADOS COMPLEMENTARES		ENERGIA	NORMAL
Densidade máxima (g/cm ³)	1,938	GOLPES/CAMADAS	26
Umidade ótima ho (%)	11,18		
Umidade higroscópica hi (%)	0,27	N° DE CAMADAS	3
ho - hi (%)	10,91		

MISTURA: CIMENTO 8% + SOLO 47% + MF 45%		DATA DA MOLDAGEM:	DATA DA RUPTURA:
AMOSTRA 02		29/3/2011	5/4/2011
DADOS DO CORPO DE PROVA		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Peso do molde (g)	2125	Cápsula N°	C - 19
Peso do molde + solo (g)	4345	Peso bruto úmido (g)	87,64
Peso do corpo-de-prova úmido (g)	2220	Peso bruto seco (g)	80,41
Volume do molde (cm ³)	1020,5	Tara da cápsula (g)	14,70
Cilindro N°	1	Peso da água (g)	7,23
Massa específica aparente do corpo-de-prova (g/cm ³)	2,18	Peso do solo seco (g)	65,71
Massa específica aparente seca do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,960	Teor de umidade (%)	11,00
Grau de compactação (%)	101,12	Teor média de umidade (%)	11,00
DADOS DO ENSAIO		EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DA RESISTÊNCIA	
Carga de ruptura - C (Kgf)	1080	$RC = (C/A) \times 0,1 \text{ [MPa]}$	
Constante do anel	1,961		
Área da seção transversal do corpo de prova - A (cm ²)	78,54		
Resistência à compressão simples - RC (MPa)	2,70		

DADOS COMPLEMENTARES		ENERGIA	NORMAL
Densidade máxima (g/cm ³)	1,938	GOLPES/CAMADAS	26
Umidade ótima ho (%)	11,18		
Umidade higroscópica hi (%)	0,27	N° DE CAMADAS	3
ho - hi (%)	10,91		

MISTURA: CIMENTO 8% + SOLO 47% + MF 45%		DATA DA MOLDAGEM:	DATA DA RUPTURA:
AMOSTRA 03		29/3/2011	5/4/2011
DADOS DO CORPO DE PROVA		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Peso do molde (g)	2125	Cápsula N°	C - 38
Peso do molde + solo (g)	4320	Peso bruto úmido (g)	81,26
Peso do corpo-de-prova úmido (g)	2195	Peso bruto seco (g)	74,64
Volume do molde (cm ³)	1020,5	Tara da cápsula (g)	14,00
Cilindro N°	1	Peso da água (g)	6,62
Massa específica aparente do corpo-de-prova (g/cm ³)	2,15	Peso do solo seco (g)	60,64
Massa específica aparente seca do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,939	Teor de umidade (%)	10,92
Grau de compactação (%)	100,06	Teor média de umidade (%)	10,92
DADOS DO ENSAIO		EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DA RESISTÊNCIA	
Carga de ruptura - C (Kgf)	1230	$RC = (C/A) \times 0,1 \text{ [MPa]}$	
Constante do anel	1,961		
Área da seção transversal do corpo de prova - A (cm ²)	78,54		
Resistência à compressão simples - RC (MPa)	3,07		

DADOS COMPLEMENTARES		ENERGIA	NORMAL
Densidade máxima (g/cm ³)	1,938	GOLPES/CAMADAS	26
Umidade ótima ho (%)	11,18		
Umidade higroscópica hi (%)	0,27	N° DE CAMADAS	3
ho - hi (%)	10,91		

Utilização de material fresado para aplicação em camadas estabilizadas de bases e sub-bases de pavimentos rodoviários

MISTURA: CIMENTO 10% + SOLO 45% + MF 45%		DATA DA MOLDAGEM:	DATA DA RUPTURA:
AMOSTRA 01		29/3/2011	5/4/2011
DADOS DO CORPO DE PROVA		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Peso do molde (g)	2125	Cápsula N°	C - 22
Peso do molde + solo (g)	4305	Peso bruto úmido (g)	86,84
Peso do corpo-de-prova úmido (g)	2180	Peso bruto seco (g)	80,31
Volume do molde (cm ³)	1020,5	Tara da cápsula (g)	14,25
Cilindro N°	1	Peso da água (g)	6,53
Massa específica aparente do corpo-de-prova (g/cm ³)	2,14	Peso do solo seco (g)	66,06
Massa específica aparente seca do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,944	Teor de umidade (%)	9,88
Grau de compactação (%)	96,57	Teor médio de umidade (%)	9,88
DADOS DO ENSAIO		EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DA RESISTÊNCIA	
Carga de ruptura - C (Kgf)	1310	$RC = (C/A) \times 0,1 \text{ [MPa]}$	
Constante do anel	1,961		
Área da seção transversal do corpo de prova - A (cm ²)	78,54		
Resistência à compressão simples - RC (MPa)	3,27		
DADOS COMPLEMENTARES		ENERGIA	NORMAL
Densidade máxima (g/cm ³)	2,013	GOLPES/CAMADAS	26
Umidade ótima ho (%)	11,14		
Umidade higroscópica hi (%)	0,15	N° DE CAMADAS	3
ho - hi (%)	10,99		

MISTURA: CIMENTO 10% + SOLO 45% + MF 45%		DATA DA MOLDAGEM:	DATA DA RUPTURA:
AMOSTRA 02		29/3/2011	5/4/2011
DADOS DO CORPO DE PROVA		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Peso do molde (g)	2125	Cápsula N°	C - 5
Peso do molde + solo (g)	4330	Peso bruto úmido (g)	73,12
Peso do corpo-de-prova úmido (g)	2205	Peso bruto seco (g)	67,38
Volume do molde (cm ³)	1020,5	Tara da cápsula (g)	14,74
Cilindro N°	1	Peso da água (g)	5,74
Massa específica aparente do corpo-de-prova (g/cm ³)	2,16	Peso do solo seco (g)	52,64
Massa específica aparente seca do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,948	Teor de umidade (%)	10,90
Grau de compactação (%)	96,78	Teor médio de umidade (%)	10,90
DADOS DO ENSAIO		EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DA RESISTÊNCIA	
Carga de ruptura - C (Kg)	1470	$RC = (C/A) \times 0,1 \text{ [MPa]}$	
Constante do anel	1,961		
Área da seção transversal do corpo de prova - A (cm ²)	78,54		
Resistência à compressão simples - RC (MPa)	3,67		
DADOS COMPLEMENTARES		ENERGIA	NORMAL
Densidade máxima (g/cm ³)	2,013	GOLPES/CAMADAS	26
Umidade ótima ho (%)	11,14		
Umidade higroscópica hi (%)	0,15	N° DE CAMADAS	3
ho - hi (%)	10,99		

MISTURA: CIMENTO 10% + SOLO 45% + MF 45%		DATA DA MOLDAGEM:	DATA DA RUPTURA:
AMOSTRA 03		29/3/2011	5/4/2011
DADOS DO CORPO DE PROVA		UMIDADE DE MOLDAGEM	
Peso do molde (g)	2125	Cápsula N°	C - 11
Peso do molde + solo (g)	4315	Peso bruto úmido (g)	82,50
Peso do corpo-de-prova úmido (g)	2190	Peso bruto seco (g)	75,66
Volume do molde (cm ³)	1020,5	Tara da cápsula (g)	13,91
Cilindro N°	1	Peso da água (g)	6,84
Massa específica aparente do corpo-de-prova (g/cm ³)	2,15	Peso do solo seco (g)	61,75
Massa específica aparente seca do corpo-de-prova (g/cm ³)	1,932	Teor de umidade (%)	11,08
Grau de compactação (%)	95,98	Teor médio de umidade (%)	11,08
DADOS DO ENSAIO		EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DA RESISTÊNCIA	
Carga de ruptura - C (Kg)	1430	$RC = (C/A) \times 0,1 \text{ [MPa]}$	
Constante do anel	1,961		
Área da seção transversal do corpo de prova - A (cm ²)	78,54		
Resistência à compressão simples - RC (MPa)	3,57		
DADOS COMPLEMENTARES		ENERGIA	NORMAL
Densidade máxima (g/cm ³)	2,013	GOLPES/CAMADAS	26
Umidade ótima ho (%)	11,14		
Umidade higroscópica hi (%)	0,15	N° DE CAMADAS	3
ho - hi (%)	10,99		

ANEXO C

FICHAS DE COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIO

Sub-base estabiliz. c/ mistura (55% Solo + 45% MF)		PRODUÇÃO DA EQUIPE: 144,00 m ³					PB/ JAN 2011
A- EQUIPAMENTO		QUANT	UTILIZAÇÃO		C. OPERACIONAL	IMPROD.	C. HORÁRIO
			OPERATIVA	IMPRODUTIVA	OPERATIVO		
E006	Motoniveladora - (103kW)	1,00	1,00	0,00	138,51	19,44	138,51
E007	Trator Agrícola	1,00	0,59	0,41	62,16	14,99	42,82
E013	Rolo Compactador - pé de canelo autop 11,25	1,00	0,86	0,14	108,66	14,99	95,55
E101	Grade de disco - GA 24x24	1,00	0,59	0,41	2,20	0,00	1,30
E105	Rolo Compactador - pé de pneus autop. 25t	1,00	0,67	0,33	103,97	14,99	74,61
E404	Caminhão basculante - 10 m ³	1,40	1,00	0,00	156,30	17,77	218,82
E407	Caminhão tanque - 10.000l	1,00	0,93	0,07	156,01	17,77	146,33
					C. HORÁRIO DE EQUIPAMENTOS		717,93
B - MÃO-DE-OBRA		QUANT	SAL.-HORA	C. HORÁRIO			
T511	ENCARREG. DE PAVIMENTAÇÃO	1,00	38,88	38,88			
T701	SERVENTE	3,00	5,83	17,49			
CUSTO HORÁRIO DE MÃO DE OBRA				56,37			
ADC. M.O - FERRAMENTAS (15,51%)				8,74			
CUSTO HORÁRIO DE EQUIPAMENTOS				5,44			
D - ATIVIDADES AUXILIARES		QUANT	UND	PREÇO UNT	CUSTO UNITÁRIO		
MATERIAL FRESADO		0,72	m ³	0,00	0,00		
LIMPEZA CAMADA VEGETAL EM JAZIDA		0,70	m ²	0,36	0,25		
EXPURGO DE JAZIDA		0,20	m ³	1,89	0,38		
ESCAV. E CARGA DE MATER. DE JAZIDA		0,88	m ³	2,95	2,60		
CUSTO TOTAL DAS ATIVIDADES					3,23		
CUSTO UNITÁRIO DIRETO TOTAL		8,66					
LUCRO E DESPESAS INDIRETAS (27,84%)		2,41					
PREÇO UNITÁRIO TOTAL		11,08					

Utilização de material fresado para aplicação em camadas estabilizadas de bases e sub-bases de pavimentos rodoviários

Base estabiliz. c/ mistura (53% Solo + 45% MF + 2% cimento)		PRODUÇÃO DA EQUIPE: 121,00 m ³				PB/ JAN 2011	
A- EQUIPAMENTO		QUANT	UTILIZAÇÃO		C. OPERACIONAL	IMPROD.	C. HORÁRIO
			OPERATIVA	IMPRODUTIVA	OPERATIVO		
E102	Rolo compactador - Tander vibrat. 10,2 t	1,00	0,81	0,19	115,46	14,99	96,37
E105	Rolo compactador - de pneus 25 t	1,00	0,83	0,17	103,97	14,99	88,84
E109	Distribuidor de agregado	1,00	0,98	0,02	130,67	19,44	128,45
E404	Caminhão basculante - 10 m ³	4,89	1,00	0,00	156,3	17,77	764,31
E407	Caminhão tanque - 10.000 l	1,00	0,78	0,22	156,01	17,77	125,60
						C. HORÁRIO DE EQUIPAMENTOS	1203,56
B - MÃO-DE-OBRA		QUANT	SAL-HORA	C. HORÁRIO			
T511	ENCARREG. DE PAVIMENTAÇÃO	1,00	38,88	38,88			
T701	SERVENTE	3,00	5,83	17,49			
CUSTO HORÁRIO DE MÃO DE OBRA				56,37			
ADC. M.O - FERRAMENTAS (15,51%)				8,74			
CUSTO HORÁRIO DE EQUIPAMENTOS				10,48			
D - ATIVIDADES AUXILIARES		QUANT	UND	PREÇO UNT	CUSTO UNITÁRIO		
USINAGEM DA MISTURA (MF+SOLO+CIMENTO)		1,00	m ³	20,89	20,89		
CUSTO TOTAL DAS ATIVIDADES				20,89			
CUSTO UNITÁRIO DIRETO TOTAL		31,38					
LUCRO E DESPESAS INDIRETAS (27,84%)		8,74					
PREÇO UNITÁRIO TOTAL		40,12					

Usinagem de 45% MF+53%solo + 2%cimento		PRODUÇÃO DA EQUIPE: 121,00 m ³				PB/ JAN 2011	
A- EQUIPAMENTO		QUANT	UTILIZAÇÃO		C. OPERACIONAL	IMPRODUTIVO	C. HORÁRIO
			OPERATIVA	IMPRODUTIVA	OPERATIVO		
E010	CARREGADEIRA DE PNEUS	1,00	0,93	0,07	189,67	19,44	177,75
E106	USINA MISTURDORA	1,00	1,00	0,00	85,69	20,55	85,69
E503	GRUPO GERADOR	1,00	1,00	0,00	86,74	14,99	86,74
						C. HORÁRIO DE EQUIPAMENTOS	350,18
B - MÃO-DE-OBRA		QUANT	SAL-HORA	C. HORÁRIO			
T511	ENCARREG. DE TURMA	1,00	19,99	19,99			
T701	SERVENTE	5,00	5,83	29,15			
CUSTO HORÁRIO DE MÃO DE OBRA				49,14			
ADC. M.O - FERRAMENTAS (15,51%)				7,62			
CUSTO HORÁRIO DE EQUIPAMENTOS				3,36			
D - ATIVIDADES AUXILIARES		QUANT	UND	PREÇO UNT	CUSTO UNITÁRIO		
MATERIAL FRESADO		0,72	m ³	0,00	0,00		
CIMENTO PORTLAND		40,0	kg	0,36	14,40		
LIMPEZA CAMADA VEGETAL EM JAZIDA		0,70	m ²	0,36	0,25		
EXPURGO DE JAZIDA		0,20	m ³	1,89	0,38		
ESCAV. E CARGA DE MATER. DE JAZIDA		0,85	m ³	2,95	2,50		
CUSTO TOTAL DAS ATIVIDADES				17,53			
CUSTO UNITÁRIO DIRETO TOTAL		20,89					