

**REDE DOCTUM DE ENSINO
FACULDADE INTEGRADAS DE CARATINGA
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

**ESTUDO DO MODO DE PREPARO DA MISTURA ASFÁLTICA E ANÁLISE DA
TEXTURA SUPERFICIAL DO PAVIMENTO FLEXÍVEL.**

**EDGARD BATISTA DE SOUSA LIMA
THALES HENRIQUE FERREIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso

Caratinga/MG

2017

**EDGARD BATISTA DE SOUSA LIMA
THALES HENRIQUE FERREIRA**

**ESTUDO DO MODO DE PREPARO DA MISTURA ASFÁLTICA E ANÁLISE DA
TEXTURA SUPERFICIAL DO PAVIMENTO FLEXÍVEL.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora do Curso Superior de Engenharia Civil das Faculdades Integradas de Caratinga da DOCTUM Caratinga como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Professor Orientador: Prof., Me. José Salvador Alves.

Caratinga/MG

2017

TERMO DE APROVAÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: ESTUDO DO MODO DE PREPARO DA MISTURA ASFÁLTICA E ANÁLISE DA TEXTURA SUPERFICIAL DO PAVIMENTO FLEXIVEL, elaborado pelos alunos EDGARD BATISTA DE SOUSA LIMA e THALES HENRIQUE FERREIRA foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceita pelo curso de Engenharia Civil das FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA, como requisito parcial da obtenção do título de

BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

Caratinga 10 de julho 2017



JOSÉ SALVADOR ALVES



CAMILA ALVES DA SILVA



LEONARDO DE AMORIM SATHLER

A Deus toda Honra e toda Gloria, para sempre Amém.

AGRADECIMENTOS

EDGARD:

Primeiramente a Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades, permitindo que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida, e não somente nestes anos como universitário, mas que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer.

A faculdade, pela oportunidade de fazer o curso.

Agradeço a todos os professores por me proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional, em especial ao Professor José Salvador, pela orientação necessária na elaboração desse trabalho.

Aos meus pais e toda a minha família, que acompanharam de perto todos os sofrimentos e alegrias durante o curso, e que se não fossem os mesmos acredito certamente que não terminaria essa graduação nesse momento, fazendo parte assim dessa nova conquista em minha vida.

Aos verdadeiros amigos, pelo amor, incentivo e apoio incondicional durante esses cinco anos.

A minha namorada Berenice Soares, que durante a elaboração desse trabalho, teve sempre paciência e compreensão quando eu dizia que precisava de mais um “tempinho” pra terminar meu tcc, e por me incentivar a ser sempre empenhado nessa reta final da graduação.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

THALES:

Primeiramente Deus que permitiu que tudo isso que fosse realidade, me dando o discernimento e trazendo-me até aqui com toda força e determinação para superar cada obstáculo que surgiu ao longo de minha vida. Palavras do próprio Jeová, que sempre me deram forças são:

- Lembre da minha ordem: “Seja forte e corajoso! Não fique desanimado, nem tenha medo, porque eu, o Senhor, seu Deus, estarei com você em qualquer lugar para onde você for!” (Josué 1:09) Sem sombras de dúvidas é o maior mestre que alguém pode conhecer.

À Instituição DOCTUM, pela oportunidade de fazer curso tendo a ministração de excelentes profissionais. A esta Instituição, seu corpo docente, direção administração que oportunizaram janela que hoje vislumbro um horizonte superior. Obrigado pelo esmero com que cuidam o corpo discente, obrigado pela confiança no mérito ética aqui presentes.

Ao professor e orientador José Salvador, pela orientação, pela oportunidade apoio na elaboração deste trabalho. Ao coordenador pelo carinho com que vem conduzindo curso.

Agradeço todos os professores de maneira geral por me proporcionar conhecimento não apenas racional, me norteando a vida profissional. Obrigado não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender.

Um agradecimento especial ao já citado Professor José Salvador, que por ser tão rigoroso fez-me dar o melhor de mim.

Ao ler uma frase de autor desconhecido, faço dela minhas palavras: “ palavra mestre, nunca fará justiça aos professores dedicados aos quais sem nominar terão os meus eternos agradecimentos.”

Agradeço aos meus pais, pela fé que tiveram em mim, pelo o amor apoio incondicional que me proporcionaram.

Agradeço minha mãe Célia, minha heroína, que ao se levantar todas manhãs as 5:00 horas para trabalhar, me mostrou a importância de dar o seu melhor, mesmo que custe algumas horas de seu sono.

Ao meu pai Paulo, grande guerreiro, que apesar de todas as dificuldades para me criar sempre quis o melhor para minha educação. Se não por ele por nunca me deixar ir para oficina mecânica, sempre com a justificativa que não queria que meu futuro fosse viver sujo de graxa, talvez eu não estaria aqui escrevendo essas palavras.

Um agradecimento especial a minha futura esposa Thalita, que me apoiou emocionalmente em toda essa fase acadêmica, me dando forças principalmente na horas em que eu pensei em desistir. Puxou minha orelha no tempo devido, me consolou nas horas difíceis e sempre me parabenizou nas horas de gozo. Você teve uma contribuição imensa nessa minha vitória.

Obrigado! Irmãos Johnys e Rahyan. Primos, tias e tios pela contribuição valiosa. Obrigado Vó, por sempre acreditar em mim. Obrigado Vô, que mesmo já tendo partido sempre me incentivou a persistir no sonho, e sempre dizia que eu seria um ótimo profissional, sei que ficaria muito feliz em me ver agora.

Meus agradecimentos aos amigos, que graças a Deus são muitos. Aos amigos de classe, que fortalecemos conhecimento e aprendizado juntos. Aos companheiros de trabalhos irmãos n amizade que fizeram parte da minha formação que vão continuar presentes em minha vida com toda certeza.

*“Tudo o que um sonho precisa para ser realizado,
é alguém que acredite que ele possa ser realizado.”*

(ROBERTO SHINYASHIKI)

BATISTA, Edgard; FERREIRA, Thales. **Estudo do modo de preparo da mistura asfáltica e análise da textura superficial do pavimento flexível**. Caratinga, 2017. ?? f. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Civil - Curso de Engenharia Civil. Faculdades Integradas de Caratinga, Rede DOCTUM, Caratinga, 2017.

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi o estudo do modo de preparo e análise da textura superficial do pavimento, onde foram desenvolvidos ensaios descritos em normas para a escolhas dos materiais constituintes da mistura, em sua fase de produção.

Partindo de estudos e métodos já utilizados na execução da aplicação do revestimento, pode-se chegar a dosagem ideal da mistura para aquele específico local, como foi definido previamente pelo projetista. O procedimento de dosagem utilizado foi o método de Marshall conforme a ABNT-NBR-12891 e DNER-ME-043. Assim sendo, conclui-se a primeira meta traçada desse trabalho que é o estudo do modo de preparo da mistura asfáltica.

Após a aplicação do material na via que lhe foi destinada, foi realizado o ensaio denominado como mancha de areia. O método descrito, foi executado de acordo com o livro Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros, para assim cumprir a segunda e última meta proposta pelo trabalho, que analisaria a textura superficial do pavimento aplicado.

Depois das metas apresentadas acima serem devidamente executadas, obteve-se os resultados satisfatórios em ambas fases dos processos, podendo assim dizer, que a meta proposta no presente trabalho foi alcançada. Certificado que foram acompanhadas todas as fases da preparação da mistura até a aplicação do material, observa-se que todos os detalhes são de grande importância em todas as etapas do serviço executado buscando atingir o mais próximo da exatidão.

Palavras-chave: Textura. Superficial do pavimento. Macrotextura. Microtextura. Dosagem. Asfalto.

BATISTA, Edgard; FERREIRA, Thales. **Estudo do modo de preparo da mistura asfáltica e análise da textura superficial do pavimento flexível**. Caratinga, 2017. ?? f. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Civil - Curso de Engenharia Civil. Faculdades Integradas de Caratinga, Rede DOCTUM, Caratinga, 2017.

ABSTRACT

The objective of this work was to study the method of preparation and analysis of the pavement surface texture, where there were developed tests described in standards for the choice of constituting materials for the mixture, in its production phase.

From the studies and methods already used in the application of the coating, the ideal dosage of the mixture can be reached for that specific site, as previously defined by the designer. The dosing procedure used was the Marshall method according to (ABNT-NBR-12891) and (DNER-ME-043). Thus, the first goal defined for this work is concluded, which is the study of the method of preparation of the asphalt mixture.

After the application of the material in the route specified to it, the test denominated sand stain was done. The method described was executed according to the book *textbf Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros*, in order to fulfill the second and last goal proposed by the work, which would analyze the surface texture of the applied pavement.

After the goals presented above were duly executed, satisfactory results were obtained in both phases of the processes, so that the goal proposed in the present work was achieved. Certified that all stages of preparation of the mixture up to the application of the material have been followed up, it is observed that all the details are of great importance in all the steps of the executed service seeking to reach the highest level of accuracy.

Key-words: Texture. Surface of the pavement. Macrotextura. Microtexture. Dosage. Asphalt.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Esforços Aplicados sobre o Pavimento Rodoviário x Aeroviário	25
Figura 2 – Classificação dos Caps por penetração	27
Figura 3 – Classificação dos agregados utilizados em pavimentação	28
Figura 4 – Diametros e denominação de pedras britadas	29
Figura 5 – Divisão granulométrica de areias e pedregulhos	29
Figura 6 – Tipos de Graduação	30
Figura 7 – Equipamento para ensaio de abrasão Los Angeles	32
Figura 8 – Carga Abrasiva	32
Figura 9 – Graduação para Ensaio	33
Figura 10 – Series de Peneiras	35
Figura 11 – Textura	48
Figura 12 – Micro e macrotextura na superfície de um revestimento asfáltico	49
Figura 13 – Classes de microtextura	49
Figura 14 – Operação do pêndulo britânico para a determinação do valor de resistência à derrapagem - Após atrito sobre a superfície do pavimento quando o pêndulo empurra a haste que marca o valor de VRD.	50
Figura 15 – Operação do pêndulo britânico para a determinação do valor de resistência à derrapagem - Logo após o início do ensaio, com o pêndulo sendo solto livremente em direção ao pavimento.	50
Figura 16 – Equipamentos e passos do ensaio de mancha de areia	51
Figura 17 – Classificação da macrotextura	52
Figura 18 – Tipos de superfícies possíveis em função da micro e macrotextura	54
Figura 19 – Classificação dos resultados para o ensaio com o pendulo britânico	55
Figura 20 – Classificação dos resultados para ensaio de mancha de areia	56
Figura 21 – Faixas propostas para o IFI	56
Figura 22 – ENSAIO DE ABRASÃO LOS ANGELES	66
Figura 23 – ADESIVIDADE A LIGANTE BETUMINOSO	67
Figura 24 – COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DE MISTURA DE AGREGADOS	68
Figura 25 – DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE DOS AGREGADOS	69
Figura 26 – DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE DOS AGREGADOS	70
Figura 27 – DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE REAL	71
Figura 28 – DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE REAL	72
Figura 29 – DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE REAL	73
Figura 30 – AVALIAÇÃO DA DURABILIDADE PELO EMPREGO DE SOLUÇÃO DE SULFATO DE SÓDIO OU DE MAGNÉSIO	75

Figura 31 – DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE FORMA PELO CRIVO REDUTOR	76
Figura 32 – DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE FORMA PELO CRIVO REDUTOR	77
Figura 33 – DOSAGEM MARSHALL III	78

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Abeda	Associação brasileira das empresas distribuidoras de asfalto
ABNT	Associação brasileira de normas técnicas
ABPv	Associação brasileira de pavimentação
a.C	Antes de Cristo
ADP	Asfalto diluído de petróleo
AMP	Asfaltos Modificados por Polímeros
ANP	Agência Nacional de Petróleo
ANUT	Associação Nacional dos Usuários de Transporte
AR	Agentes Rejuvenescedores
ARE	Agentes Rejuvenescedores Emulsionados
ASTM	American Society for Testing and Materials
BBTM	Béton Bitumineux Tres Mince
C	Celsius
CA	Concreto asfáltico
CAP	Cimento Asfáltico de Petróleo
CBUQ	Concreto betuminado usinado a quente
cm	Centímetro
CM	Cura media
Cnt	Confederação nacional de transporte
CPA	Camada Porosa de Atrito
CR	Cura rápida
cSt	Centistokes
d.C	Depois de Cristo
DNER	Departamento nacional de estradas de rodagem

DNIT	Departamento nacional de infra-estrutura e transportes
EAP-E	Emulsões Asfálticas Catiônicas Modificadas por Polímeros Elastoméricos
EAP	Emulsões Asfálticas para Pavimentação
ESSO	Derivado de Standard Oil Company ("SO", pronunciado esso)
HS	Altura média de mancha de areia
IBP	Instituto brasileiro de petróleo
IFI	International Friction Index
km	Quilômetro
km/h	Quilômetro por hora
m	Metro
ml	Mililitro
mm	Milimetro
N	Newton
NBR	Norma brasileira
PMF	Pré misturado a frio
RC'/RC	Relação de perda de resistência pelo efeito da água
SINICON	Sindicato Nacional da Indústria da Construção Pesada
SMA	Stone Matrix Asphalt
VRD	Valor de resistência a derrapagem

LISTA DE SÍMBOLOS

λ	Nome da décima primeira letra do alfabeto grego
\leq	Menor ou igual
\geq	Maior ou igual
$^\circ$	Referência a Grau
$\%$	Porcentagem
R\$	Moeda brasileira
US\$	Moeda americana
$^\circ$	Indicador ordinal

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
1.1 JUSTIFICATIVA	19
1.2 OBJETIVOS	19
1.2.1 Objetivo geral	19
1.2.2 Objetivos específicos	19
1.3 METODOLOGIA	20
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	21
2 REVISÃO DA LITERATURA	23
2.1 PAVIMENTO	26
2.2 REVESTIMENTO	26
2.2.1 REVESTIMENTO ASFÁLTICO	26
2.2.2 Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP)	27
2.3 AGREGADOS	28
2.4 DOSAGEM	30
2.5 ABRASÃO LOS ANGELES MÉTODO ABNT NBR NM 51/2001	31
2.5.1 APARELHAGEM	31
2.5.2 PREPARAÇÃO DA AMOSTRA	32
2.5.3 PROCEDIMENTO DO ENSAIO	33
2.5.4 CÁLCULOS:	34
2.6 ADESIVIDADE DNER-ME 078/94:	34
2.7 COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DE MISTURA DE AGREGADOS CBUQ DNIT - ES 031-2006:	34
2.7.1 APARELHAGEM	35
2.7.2 ENSAIO	36
2.8 DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE DOS AGREGADOS - NBR NM 52:2002	36
2.8.1 APARELHAGEM	37
2.8.2 PROCEDIMENTO	37
2.8.3 CÁLCULOS	38
2.9 DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE REAL - DNE-ME 084/95	39
2.9.1 DENSIDADE REAL	39
2.9.2 AMOSTRAGEM	40
2.9.3 ENSAIO	40
2.9.4 CÁLCULOS E RESULTADOS	41

2.10 AVALIAÇÃO DA DURABILIDADE PELO EMPREGO DE SOLUÇÃO DE SULFATO DE SÓDIO OU DE MAGNÉSIO Método (DNER ME - 089):	41
2.10.1 APARELHAGEM	41
2.10.2 ENSAIO	42
2.10.3 EXAME QUANTITATIVO	42
2.10.4 EXAME QUALITATIVO	42
2.10.5 RESULTADOS	42
2.11 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE FORMA PELO CRIVO REDUTOR MÉTODO (DNER-ME 086/94):	43
2.11.1 APARELHAGEM	43
2.11.2 AMOSTRA	43
2.11.3 ENSAIO	43
2.11.4 RESULTADO	44
2.12 DOSAGEM MARSHALL - III (ABNT-NBR-12891)(DNER-ME-043)	44
2.12.1 APARELHAGEM	44
2.12.2 PREPARAÇÃO DOS CORPOS-DE-PROVA	45
2.12.3 PREPARAÇÃO DAS MISTURAS	46
2.12.4 COMPACTAÇÃO DOS CORPOS-DE-PROVA	46
2.12.5 DETERMINAÇÃO DA ESTABILIDADE E DA FLUÊNCIA	47
2.12.6 RESULTADOS	47
2.12.7 Microtextura e macrotextura	48
2.13 CLASSIFICAÇÃO DA TEXTURA DE UM PAVIMENTO	48
2.13.1 A altura média de mancha de areia pode ser calculada pela expressão:	50
2.13.2 A classificação da macrotextura é dada pela altura média de mancha de areia segundo critérios mostrados na Tabela	51
2.13.3 AVALIAÇÃO DE ADERÊNCIA EM PISTAS MOLHADAS	52
2.13.4 TIPOS DE SUPERFÍCIE	53
2.13.5 MEDIDAS DE TEXTURA DE ATRITO	53
2.14 ENSAIOS	55
2.14.1 PENDULO BRITÂNICO:	55
2.14.2 MANCHA DE AREIA	55
2.14.3 DRENABILIDADE	55
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	57
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	59
4.1 ABRASÃO LOS ANGELES Método ABNT NBR NM 51/2001 - Anexo A	59
4.2 ADESIVIDADE DNER-ME 078/94 - Anexo B	59
4.3 COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DE MISTURA DE AGREGADOS CBUQ DNIT - ES 031-2006 - Anexo C	59
4.4 DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE DOS AGREGADOS - Anexo D	59

4.5 DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE REAL DNER-ME 081/98 - Anexo E	60
4.6 AVALIAÇÃO DA DURABILIDADE PELO EMPREGO DE SOLUÇÃO DE SULFATO DE SÓDIO OU DE MAGNÉSIO Método DNER ME - 089 - Anexo F	60
4.7 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE FORMA PELO CRIVO REDUTOR Método DNER ME 086/94 - Anexo G	60
4.8 DOSAGEM MARSHALL - III (ABNT-NBR-12891) (DNER-ME-043) - Anexo H	60
4.9 ENSAIO DE MANCHA DE AREIA	61
5 CONCLUSÃO	62
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
ANEXO A - ENSAIO DE ABRASÃO LOS ANGELES - Método: ABNT NBR NM 51/2001	66
ANEXO B - ADESIVIDADE A LIGANTE BETUMINOSO - Método: DNER - ME 078/94	67
ANEXO C - COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DE MISTURA DE AGREGADOS	68
ANEXO D - DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE DOS AGREGADOS	69
ANEXO E - DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE REAL	71
ANEXO F - AVALIAÇÃO DA DURABILIDADE PELO EMPREGO DE SOLUÇÃO DE SULFATO DE SÓDIO OU DE MAGNÉSIO	74
ANEXO G - DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE FORMA PELO CRIVO REDUTOR - Método: DNER ME 086/94	76
ANEXO H - DOSAGEM MARSHALL III - (ABNT-NBR-12891)(DNER-ME-043)	78

1 INTRODUÇÃO

O QUE É ASFALTO?

Material de cor escura e consistência sólida, ou semi sólida composto de mistura de hidrocarbonetos pesados onde os constituintes predominantes são os betumes, incluindo os materiais betuminosos [1].

EMULSÕES ASFÁLTICAS

São misturas de cimentos asfálticos, dispersos na fase água produzidas, normalmente, de um processo mecânico em equipamentos de alta capacidade de cisalhamento, denominados moinhos coloidais. Utiliza-se da ordem de 33 a 42% de água com cimento asfáltico juntamente com agentes emulsificantes para que a mistura possa ter estabilidade ao bombeamento, transporte e armazenamento em temperatura ambiente. Os tamanhos dos glóbulos de asfalto dispersos na água variam entre 0,001 a 0,020 mm de diâmetro[1]. Historicamente, pode se dizer que a produção em escala industrial das emulsões asfálticas, teve início na cidade de Lutterbach, em 1905, com o químico Emilie Feigel. Mas foi em 1951, que a ESSO, na França, deu um passo importante na utilização deste produto, quando colocou á disposição do mercado, as emulsões catiônicas. As mantas asfálticas configuram sistema de impermeabilização flexível e pré-fabricado e são confeccionadas à base de asfalto modificado com polímeros e estruturantes em poliéster ou polietileno [1].

No Brasil, o pavimento flexível ou asfalto, encontra-se presente na maior parte das rodovias brasileiras. Segundo dados da Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto (Abeda), mais de 90% das estradas pavimentadas nacionais são de revestimento asfáltico. Construída sobre a superfície final de terraplenagem, tendo a proposta técnica a resistir aos esforços originários do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, visando o conforto, economia e segurança. Com base nessas análises, percebe-se que há uma extrema importância em aumentar estudos de novas tecnologias para a aplicação do revestimento asfáltico, para que se tenha uma previsão do seu comportamento e desempenho antes de ser aplicado nos pavimentos, reduzindo assim os gastos com reparos futuros.[2]

O revestimento serve primeiramente para proteger a camada de fundação, base e subleito, a qual suporta a carga de tráfego. O comportamento mecânico do revestimento do pavimento, deve obedecer a ordem, de se deformar sem se romper e ainda se recuperar elasticamente para resistir as tensões do tráfego pesado.

Dois dos principais problemas que ocorrem nos pavimentos flexíveis no Brasil são: - O trincamento simultâneo causados por fadiga, e a deformação permanente nas trilhas de roda, sendo decorrentes de erros de projeto.[2]

Assim o presente trabalho terá como objetivo o estudo do modo de preparo e à análise da textura superficial do pavimento.

1.1 JUSTIFICATIVA

Diante dos problemas identificados na pavimentação asfáltica ao longo dos anos, nota-se a importância de um estudo mais específico nessa área, demonstrando ao responsável pelo pagamento do serviço executado (tanto públicos quanto privados), a grande importância da contratação de um serviço de qualidade, não só na fase de execução, como principalmente na fase de projeto, vindo que exatamente nessa fase é feita a escolha dos tipos de materiais que serão usados na mistura, formando o asfalto específico para cada tipo de projeto.

Sendo assim, deve-se estudar o local onde é produzido o concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), comparando métodos de fabricação, com o objetivo de entender e se possível obter novas fórmulas para o processo de fabricação do mesmo, garantindo que o material esteja dentro dos limites aceitáveis, sem perder a qualidade de aplicação, e de uso.

Deve-se lembrar de que a responsabilidade de um bom planejamento e execução do serviço no pavimento por um técnico capacitado é de extrema importância, pois por um determinado tempo a via que grande parte da população transita, será interditada, dispensando assim qualquer hipótese de estender o período determinado para a obra, atenuando o transtorno oferecido à população do local.

Desse modo nota-se a importância de um estudo aprofundado no tema, para que haja uma análise e uma determinação da quantidade de cada material usado na fabricação do CBUQ, vindo que a aplicação do mesmo sem nenhum conhecimento específico, resultará em más condições das pistas após a obra, trazendo não só transtorno aos motoristas que trafegam naquele local, mas também o excesso de manutenção naquele pavimento sendo que poderia ser menos oneroso garantir a qualidade do comportamento do pavimento durante muitos anos.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar todo um processo de fabricação do CBUQ, para que possa ser aplicado no local correspondente com precisão, garantindo o desempenho e uma durabilidade desejada. Além de medir a textura superficial do revestimento flexível já após sua aplicação.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar a quantidade e qualidade de cada material a ser usado na mistura:

Através das análises e testes que serão feitos, chega-se a um resultado esperado para o tipo de material que será usado, a fim de melhorar as condições de rolamento, em relação ao atrito pneu pavimento em vias que necessitam de um material diferenciado dos que serão aplicados. Tendo como foco principal a análise granulométrica, sabendo que terá grande influência no resultado final do estudo.

- Analisar não só a fase de produção, execução, mas também a analisar sua textura após a aplicação do material na via:

É de grande importância o acompanhamento da execução na aplicação do material em seu local de destino visto que, é também nessa fase que poderá acontecer a segregação do material, influenciando diretamente não só no aspecto característico final, mas também na qualidade e no comportamento mecânico do pavimento após sua aplicação.

1.3 METODOLOGIA

O presente trabalho se desenvolve a partir das seguintes etapas e métodos:

- A. Análise granulométrica dos agregados tanto miúdos quanto os graúdos a serem utilizados na mistura;
- B. Determinação da quantidade ideal de betume, filer e agregados para a dosagem dos materiais;
- C. Moldagem de corpos de prova, para análise dos tipos de traços de diferentes curvas granulométricas na fase de preparação do Concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ);
Com intuito de testá-los como previsto em normas, para que possa fazer as devidas análises, repetições dos testes e prováveis mudanças, até chegar ao resultado esperado. Testes esses que serão realizados tanto em laboratório, quanto em campo, analisando as características do material fabricado em relação ao material já aplicado em uma determinada via.
- D. Acompanhamento da execução do serviço no Loteamento Cidade Jardim, situado na avenida professor Armando, Bairro das Graças, Caratinga-MG, com o material fabricado durante o estudo.
- E. Analisar fatores que interferem no atrito pneu-pavimento, como a microtextura calculadas após ensaios, obtendo valores de resistência a derrapagem (VRD), classificando em perigosa $VRD < 25$ até Muito rugosa $VRD > 75$ a superfície analisada e a macrotextura calculada pela formula

$$HS = 4V/D^2.3,14 \quad (1.1)$$

e classificado pela Associação Brasileira de Pavimentos Asfálticos (ABPV) desde, muito fina ou muito fechada $HS < 0,20$ até Muito grosseira ou muito aberta de $HS > 1,20$, para

que possam ser escolhidos métodos de fabricação do produto final a ser aplicado em pavimentos que precisem de comportamentos diferentes;

Os testes que serão realizados na fase de produção são:

- ABRASÃO LOS ANGELES Método ABNT NBR NM 51/2001:
- ADESIVIDADE DNER-ME 078/94:
- COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DE MISTURA DE AGREGADOS CBUQ DNIT - ES 031-2006:
- DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE DOS AGREGADOS
- DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE REAL DNER-ME 081/98:
- AVALIAÇÃO DA DURABILIDADE PELO EMPREGO DE SOLUÇÃO DE SULFATO DE SÓDIO OU DE MAGNÉSIO Método DNER ME - 089:
- DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE FORMA PELO CRIVO REDUTOR Método DNER ME 086/94:
- DOSAGEM MARSHALL - III (ABNT-NBR-12891)(DNER-ME-043)

Logo após a aplicação:

- MANCHA DE AREIA de acordo com a ASTM E965-01

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho foi estruturado da seguinte forma:

- Cap 1: O Primeiro capítulo esta dividido em: introdução, justificativa, objetivo geral, objetivo específico e metodologia. Onde na introdução tem-se um breve histórico da mistura asfáltica, lembrando o que é, de onde vem e quando começou a ser mais empregada no Brasil. Logo após a justificativa do desenvolvimento desse trabalho científico, seguido dos objetivos gerais e específicos que a pesquisa teve para se chegar ao resultado esperado, e pra finalizar a metodologia usada em todo desenvolvimento do trabalho.
- Cap 2: Seguindo com o segundo capítulo, tem-se a revisão bibliográfica, onde apresenta metodologias de outros trabalhos, livros ou normas que regulamentam a área, nos servindo como base para a pesquisa pretendida.
- Cap 3: Seguindo do terceiro capítulo, onde foi descritos os procedimentos metodológicos para desenvolver o trabalho dentro dos requisitos obrigatórios.

Cap 4: No quarto capítulo, encontra-se os resultados de e discussões, onde foram apresentados os respectivos resultados de cada etapa do trabalho desenvolvido, sendo quando necessário discutidos separadamente um do outro.

Cap 5: O quinto capítulo, com a devida conclusão do trabalho desenvolvido, além de no final indicar uma possível pesquisa futuramente.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Um dos mais antigos materiais de construção utilizado pelo homem, mais de 90% das estradas pavimentadas nacionais são de revestimento asfáltico [2].

O sistema de pavimentação flexível é formado por quatro camadas principais: revestimento de base asfáltica, base, sub-base e reforço do subleito. Dependendo da intensidade e do tipo de tráfego, do solo existente e da vida útil do projeto, o revestimento pode ser composto por uma camada de rolamento e camadas intermediárias ou de ligação. Assim nota-se a grande importância do produto na vida de cada um. Apesar de estar sempre inovando na tecnologia da mistura, ainda encontra-se possíveis erros, tanto na fase de produção, quanto na fase de execução do mesmo. Nota-se a grande importância de investimentos a pesquisa e diferentes estudos da mistura [3].

Quando fala-se de pavimentação logo vem à mente urbanização e por consequência o desenvolvimento. Ao longo da história as técnicas de pavimentação evoluíram e sempre evoluirão de acordo as necessidades dos meios de transporte [4].

Fazendo um breve histórico da pavimentação, civilizações como, Mesopotâmia, Egito, Babilônia, China, Índia, Incas, Maias e Astecas, os veículos tinham rodas de madeira e necessitavam apenas de superfícies revestidas. Tomando como exemplo o Egito, onde encontra-se uma das mais antigas estradas pavimentadas, essa não se destinou a veículos com rodas, mas sim a pesados trenós que transportavam cargas muito elevadas para construção das pirâmides (2600-2400 aC). Essas vias que contavam com lajões sobrepostos em base com boa capacidade de suporte, onde o atrito era amenizado com constante umedecimento usando água, azeite ou musgo molhado. Tempos a frente, civilizações como Grécia e o Império Romano utilizavam veículos com rodas de aço que necessitavam de estruturas mais resistentes. Antes mesmo da instalação do império Romano, eles já contavam com um sistema viário, embora o mesmo tenha experimentado grande desenvolvimento a partir de então. Assim sendo, há mais de 2000 anos os romanos já possuíam uma boa malha viária, sem dizer ainda que contavam com um sistema de planejamento e manutenção dessas vias [4].

Após a queda do Império Romano em 476 d.C., e durante os séculos seguintes, as novas nações europeias abandonaram a construção de novas e até mesmo a conservação das estradas existentes. Desde então, ao reconhecer importância da velocidade entre as viagens com relação ao comércio, Carlos Magno, no começo dos anos 800 na França, modernizou a França no que diz respeito ao progresso do comércio por meio de boas estradas. Com o tempo, os ingleses observando a forma como eram calçados os caminhos da França, empenharam-se na construção de vias mais cômodas, duráveis e velozes da Europa, mostrando assim como foi importante para o avanço no progresso industrial e comércio do país. O interessante era que na época já

havia uma grande preocupação com diversos aspectos importantes que hoje deve-se considerar para uma boa pavimentação que são: drenagem e abaulamento; erosão; distância de transporte; compactação; sobrecarga; marcação[4].

Já no século XX no Brasil, com a evolução Tecnológica do automóvel é dado início ao calçamento asfáltico em grande escala na cidade do Rio de Janeiro (1906). Em 1913 a Rodovia Santos em São Paulo. Já em 1922 é aplicado o pavimento de concreto em uma das estradas no Rio em Petrópolis. Com o período da 2ª Guerra Mundial (1942), engenheiros norte-americanos construíram pistas de aeroportos e estradas de acesso em Belém, Fortaleza, Natal, Recife, Maceió e Salvador. 1945 a pavimentação da Rodovia Rio – Bahia. No ano de 1959 é Criada a Associação Brasileira de Pavimentação (ABPv). Já no ano de 1996 dá-se início no programa de concessões rodoviárias, onde até o ano de 2005 já havia 190.000 km de rodovias pavimentadas sendo 55.000 km federais. Com a produção atual de mais de 1.300.000 t/ano de asfalto, as condições ainda são precárias em grande parte da malha viária que cortam nosso país, muitos acidentes geotécnicos, quedas de pontes, taludes, etc. são acontecimentos corriqueiros. E por isso ano após anos apostamos em novas técnicas buscando aperfeiçoar nosso pavimento[4].

O pavimento é estrutura com múltiplas camadas que é construída sobre a terraplenagem e destinada a resistir aos esforços provenientes do tráfego e visando também melhorar o conforto ao usuário com relação as condições de rolamento da via. Existem diferentes tipos de pavimento onde são classificados 3:

- Rígidos: placas confeccionadas em concreto de cimento Portland;
- Semi-rígidos: revestido de camada asfáltica e com base estabilizada quimicamente (cal, cimento);
- Flexíveis: revestido de camada asfáltica e com base de brita ou solo. [4]

Com o foco voltado ao pavimento flexível, ou asfálticos, estão em geral presentes camadas de base, de sub-base, de reforço do subleito e subleito. É feito primeiramente a regularização do subleito onde se corrige falhas da camada final de terraplenagem ou de um leito antigo de estrada de terra. Após, é executado o reforço do subleito, que nada mais é que uma camada de um solo argiloso de qualidades superiores à do subleito, de espessura constante que é aplicada sobre o subleito regularizado. Em seguida vem a Sub-base e a base. O material usado na sub-base, deve ter boa capacidade de suporte para prevenir o bombeamento do solo do subleito para a camada de base. Essa camada de base é de grande importância, pois fornece suporte estrutural para o revestimento que vem logo acima, visto que sua rigidez alivia as tensões e distribui as mesmas sobre as camadas inferiores[4].

Logo abaixo vemos uma pequena tabela demonstrando esforços aplicado sobre o Pavimento Rodoviário x Aeroviário.

Figura 1: Esforços Aplicados sobre o Pavimento Rodoviário x Aeroviário

CARACTERÍSTICA	ESTRADAS	AEROPORTOS
CARGA / RODA (kgf)	5.000	50.000
PRESSÃO PNEUS (kgf/cm ²)	7,0	28,0
N.º REPETIÇÕES	10 ⁶ a 10 ⁹	10 ⁴ a 5 x 10 ⁴
APLICAÇÃO DAS CARGAS	0,5 - 10m daborda	10m centrais

Fonte: Associação Brasileira de Pavimentação (ABPv) Adaptado pelo autor

Falando um pouco sobre o revestimento, existe a mistura. Onde agregado é pré-envolvido com o material betuminoso, antes da compressão. Também existe os conhecidos Pré-misturado a frio (PMF) e Pré-misturado a quente (CBUQ), que tem por base ligantes (emulsão asfáltica) e agregados (vários tamanhos)[4].

De acordo com levantamentos feitos pela Confederação Nacional do Transporte (CNT) a maior parte dos pavimentos que cortam nosso país, são de baixo conforto quando se refere ao rolamento, e que muitos desses trechos fazem parte da malha federal. Levando em conta que estima-se que a um gasto de 1 a 2 bilhões de reais, para manutenção por ano, só das rodovias federais. Seguindo essa ideia, acredita-se que seriam necessários R\$ 10 bilhões para recuperação de toda a malha viária federal. Nas últimas décadas, o investido na infra-estrutura rodoviárias se encontra bem abaixo das necessidades estimadas para o país, havendo assim um crescente descontentamento do setor produtivo com esse nível de investimento [5].

Olhando de uma forma geral, perdem competitividade com relação aos bens produzidos no país, especialmente, no quesito infra-estrutura de transportes, devido a uma matriz modal deficiente, onde nossas estradas (que são principal meio de escoamento da produção nacional), são de certa forma, incapazes de atender as necessidades ideais de transporte de carga. Diante dessa visível realidade nos tornamos pouco competitivos no mercado exterior, fazendo com que a economia brasileira seja prejudicada pela falta de investimento em infra-estrutura, uma vez que isso tem gerado um crescente número de acidentes, provocando gastos excessivos como, desperdício de carga, gasto elevado com manutenção e combustíveis[6].

O Brasil perde cerca de US\$ 5 bilhões por ano com a precariedade, principalmente das estradas e dos outros segmentos do transporte, de acordo com estimativas levantada pela Associação Nacional dos Usuários de Transporte (ANUT). Enquanto a Anut calcula em R\$ 24 bilhões anuais em investimentos necessários para ampliar a capacidade do sistema de transportes, o Sindicato Nacional da Indústria da Construção Pesada (SINICON) estima em R\$ 5 bilhões anuais para o país possa assim recuperar e pavimentar as principais estradas do país [6].

Em uma breve análise, nota-se que aproximadamente 60% do transporte de cargas realizado no Brasil é feito por modal rodoviário. Já o modal ferroviário corresponde a 21%, o

aquaviário por 14%, o dutoviário por 5% e o aéreo por menos de 1% do transporte feito em nosso país [6].

Só para destacar, mesmo com esses defasados pavimentos que existe cortando nosso país, cerca de 96% dos passageiros circulam por meio do modal rodoviário [6].

2.1 PAVIMENTO

O pavimento é uma estrutura construída após a terraplanagem 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 com relação a comodidade e segurança; também resistindo ao esforços horizontais que nele atuam tornando mais durável a superfície de rolamento. O pavimento é constituído de diversas camadas de espessuras constantes transversalmente ao eixo da estrada. [7]

Toda a estrutura do pavimento é submetida a tensões e deformações que se derivam do tráfego e das condições ambientais. Assim o dimensionamento da estrutura do pavimento deve-se considerar a resistência de cada material que será usado nas camadas e no terreno de fundação pós subleito [8].

Os pavimentos flexíveis são divididos em camadas para diminuir a espessura e também os gastos com materiais nobres, como a camada de revestimento que é o tema desse trabalho.

Dependendo do caso, o pavimento poderá não possuir a camada de sub-base ou de reforço; mas a existência de revestimento e fundação (subleito) são condições mínimas para que estrutura seja chamada de pavimento[9].

2.2 REVESTIMENTO

É a camada superior do pavimento que tem como objetivo resistir diretamente as solicitações e transmiti-las as camadas subjacentes. Como é a camada que tem o maior custo, deve-se ter um controle rigoroso em sua dosagem.

2.2.1 REVESTIMENTO ASFÁLTICO

Desde a metade do século passado o revestimento asfáltico tem sido usado, sendo hoje uma estrutura usada mundialmente.

2.2.2 Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP)

Segundo Agência Nacional de Petróleo, Gás e Energia (ANP) os cimentos asfálticos de petróleo (CAP) são classificados segundo o resultado do ensaio de penetração em:

CAP 30/45; CAP 50/70; CAP 85/100; CAP 150/200;

Figura 2: Classificação dos Caps por penetração

TIPOS DE CAP QUANTO À PENETRAÇÃO			
PAÍS	DUROS	MÉDIOS	MOLES
Brasil	CAP 30/45	CAP 50/70, CAP 85/100	CAP 150/200
França	CAP 20/30	CAP 40/50, CAP 60/70, CAP 80/100	CAP 180/220
EUA	CAP 40/50	CAP 60/70, CAP 85/100	CAP 120-150 CAP 200-300

Fonte: BALBO(2007.p 119) adaptado pelo autor

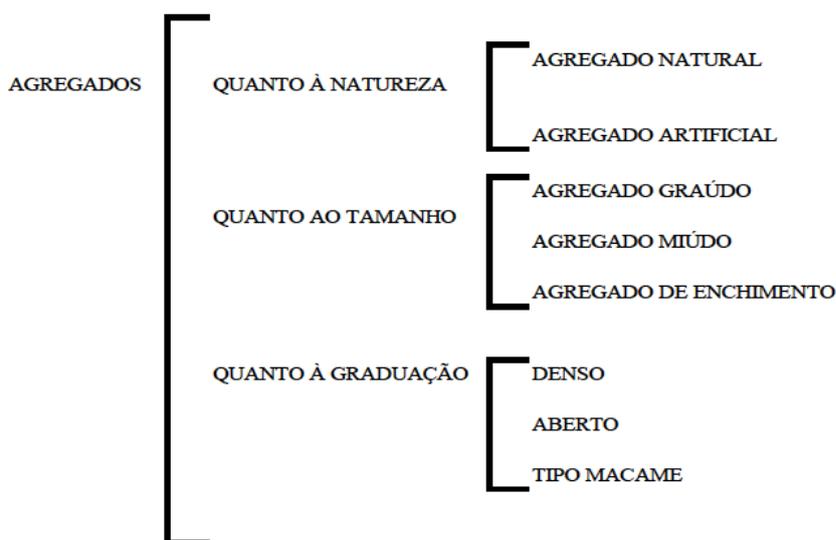
Cimento asfáltico de petróleo serve de produto básico para outros tipos de ligantes asfálticos [9]. Os tipos de ligantes asfálticos existentes no mercado brasileiro são denominados:

- Cimentos Asfálticos de Petróleo (CAP) - Especificação ANP Resolução nº19, de 11 de julho de 2005 e anexo Regulamento Técnico nº3/2005;
- Asfaltos Diluídos (ADP, CR e CM) - Especificação ANP Resolução nº30, de 09 de outubro de 2007 e anexo Regulamento Técnico nº2/2007;
- Emulsões Asfálticas para Pavimentação (EAP) - Proposta de especificação da Comissão de Asfalto do IBP-ABNT;
- Asfaltos oxidados ou soprados de uso industrial;
- Asfaltos Modificados por Polímeros (AMP) - Proposta de especificação da Comissão de Asfalto do IBP-ABNT;
- Cimentos Asfálticos de Petróleo Modificados por Borracha Moída de Pneus (AMB) - Especificação ANP Resolução nº39, de 24 de dezembro de 2008, e anexo Regulamento Técnico nº05/2008;
- Agentes rejuvenescedores (AR e ARE);
- Emulsões Asfálticas Catiônicas Modificadas por Polímeros Elastoméricos (EAP-E)- Especificação ANP Resolução nº32, de 14 de outubro de 2009, e anexo Regulamento Técnico 05/2009.

2.3 AGREGADOS

Quando fala-se de agregado, os mesmos são materiais granulares, sem forma e dimensões homogêneas, com função de atender as solicitações nas misturas para cada tipo de obra específica. Nas misturas e nas camadas que fazem parte, os agregados representam o maior volume em relação aos demais componentes [11].

Figura 3: Classificação dos agregados utilizados em pavimentação



Fonte: DNIT(a,p 98) Adaptado pelo autor.

Os materiais classificados segundo a natureza são divididos em naturais e artificiais:

- Naturais são aqueles utilizados como se encontram na natureza. São provenientes da erosão, transporte e deposição subsequente de detritos resultantes da desagregação das rochas, realizados em virtude dos agentes do intemperismo, que podem ser de origem física (variação da temperatura) ou química (ação das soluções ácidas ou básicas sobre elementos mineralógicos). Exemplos: Areia e pedregulho; [11]
- Artificiais são aqueles que, para utilização, sofrem diversas operações, como britagem e classificação. Exigem trabalho prévio para poder assumir a qualidade, a forma e as dimensões adequadas ao seu uso em obras de engenharia. Exemplos: Pedra britada, pó de pedra, argila expandida, etc; [11]

Geralmente, as frações de agregados recebem os nomes:

- a) Agregado graúdo é o material retido na peneira nº 10 (2,0 mm). Ex: Britas, cascalhos, seixos, etc; [11]

- b) Agregado miúdo é material que passa na peneira n° 10 (2,0 mm) e fica retido na peneira n° 200 (0,075 mm). Ex: Pó-de-pedra, areia, etc;[11]
- c) Agregado de enchimento ou material de enchimento (fíller) é o que passa pelo menos 65% na peneira n° 200 (0,075 mm). Ex: Cal extinta, cimento Portland, pó de chaminé, etc [9].

Figura 4: Diametros e denominação de pedras britadas

DENOMINAÇÃO	FAIXA DE DIÂMETRO (mm)
Pó- de- pedra	< 2,4
Pedra 0 ou pedrisco	entre 2,4 e 9,5
Pedra 1	entre 9,5 e 19,0
Pedra 2	entre 19,0 e 38,0
Pedra 3	entre 38,0 e 76,0

Fonte: BALBO(2007, p 100)Adaptado pelo autor.

Figura 5: Divisão granulométrica de areias e pedregulhos

TIPO DE AREIA	DIÂMETRO DOS GRÃOS (mm)
Fina	entre 0,05 mm (#270) e 0,425 mm (#40)
Média	entre 0,0425 mm (#40) e 2 mm (#10)
Grossa	entre 2 mm (#10) e 4,8 mm (#4)
Pedregulho	entre 4,8 mm (#4) e 76 mm

Fonte: BALBO(2007, p 101)Adaptado pelo autor.

A distribuição granulométrica dos agregados é uma de suas principais características e efetivamente influi no comportamento dos revestimentos asfálticos. A distribuição granulométrica influencia na sua rigidez, estabilidade, permeabilidade, durabilidade, resistência à fadiga, trabalhabilidade e a deformação permanente[10].

A seguir estão apresentadas as principais subdivisões:

- a) Agregado de graduação densa é aquele que apresenta uma curva granulométrica de material bem graduado e contínuo, com quantidade de material fino, suficiente para preencher os vazios entre as partículas maiores. Apresenta distribuição granulométrica contínua, próxima a densidade máxima. A existência de todos os diâmetros proporciona uma maior resistência ao conjunto. Menor consumo de ligante asfáltico no caso de CBUQ [10];

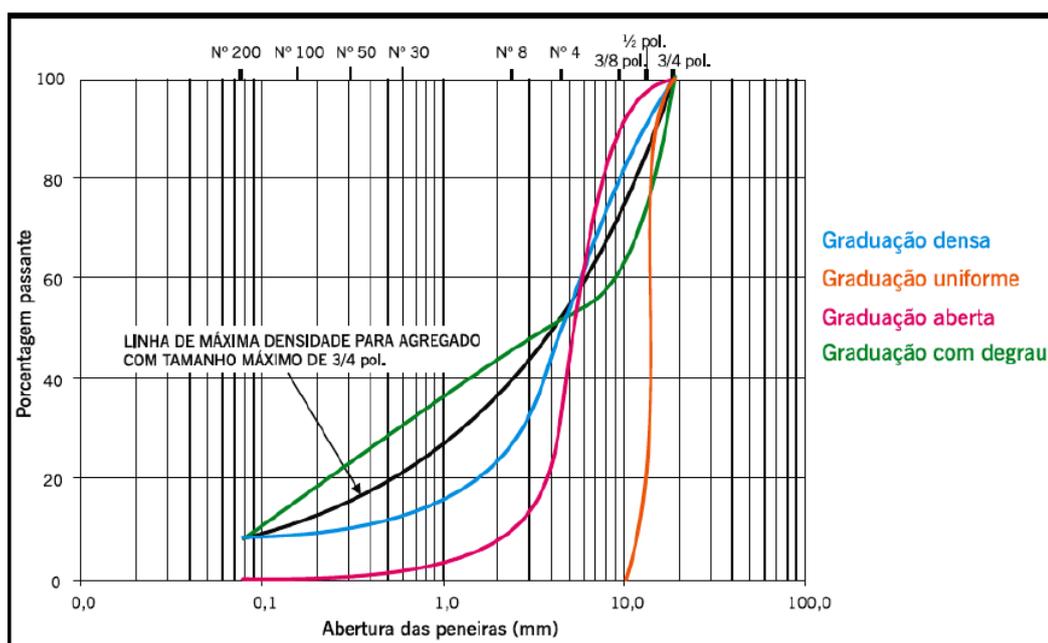
- b) Agregado de graduação aberta é aquele que apresenta uma curva granulométrica de material bem graduado e contínuo, com insuficiência de material fino, para preencher os vazios entre as partículas maiores [10];
- c) Agregado tipo macadame é aquele que possui partículas de um único tamanho, o chamado one size aggregate. Trata-se, portanto, de um agregado de granulometria uniforme onde o diâmetro máximo é, aproximadamente, o dobro do diâmetro mínimo.

O diâmetro máximo de um agregado é abertura da malha da menor peneira na qual passam, no mínimo, 95% do material.

O diâmetro mínimo é a abertura da malha da maior peneira na qual passam, no máximo 5% do material [10].

- d) Agregado com graduação descontínua: Apresenta a ausência de agregados com tamanhos intermediários. São materiais que devem ser adequadamente trabalhados quando em misturas asfálticas, pois são muito sensíveis a segregação.

Figura 6: Tipos de Graduação



Fonte: Bernucci et al(2008, p.123) Adaptado pelo autor

2.4 DOSAGEM

A determinação dos teores de emulsão asfáltica da mistura, como no caso dos CBUQs, é definida pelo método Marshall. Muito embora este ainda seja utilizado para sua dosagem na prática comum, não existe um critério ainda consagrado para definição do teor ideal de ligante

em laboratório, nem de seu índice de vazios, sendo, portanto, ainda aplicáveis critérios empíricos, também muitas vezes não encontrados de forma organizada na literatura [12].

Lembrando que para a seguinte dosagem do CBUQ, devemos fazer os devidos ensaios e testes para que possamos chegar a esse passo final, ensaios esses que serão descritos a seguir:

2.5 ABRASÃO LOS ANGELES MÉTODO ABNT NBR NM 51/2001

A resistência à abrasão é a resistência ao desgaste superficial dos grãos de agregado quando é submetido ao atrito. Mede, portanto a capacidade do agregado não se alterar (quebrar) quando manuseado. É medida na máquina “Los Angeles” composto por um tambor cilíndrico que gira durante um tempo estabelecido com agregado mais bolas de ferro fundido no seu interior, o impacto das bolas com o agregado provoca o desgaste dos grãos. A amostra entra no ensaio com uma granulometria definida e depois do atrito, peneira novamente para medir o desgaste. A especificação de agregado para concreto NBR 7211:2009 estabelece que o índice de desgaste por abrasão não deve ser inferior a 50%, em massa, do material inicial [12].

2.5.1 APARELHAGEM

- a) Máquina “Los Angeles” completa conforme especificação composta por um tambor de aço cilíndrico oco de aproximadamente 500 mm de comprimento e 700 mm de diâmetro, eixo horizontal fixado em dispositivo externo que transmite um movimento de rotação ao redor dele próprio. A velocidade deve ser periférica e uniforme [12];
- b) Carga abrasiva que consiste em esferas de ferro ou aço fundido, com aproximadamente 48 mm de diâmetro e massa entre 390 g e 445 g [12];
- c) A máquina possui abertura com tampa para introduzir o agregado a ser ensaiado e as bolas de aço, a tampa deve ter trava forte, boa vedação para não permitir perda de pó e de fácil abertura [12]; (**Figura 7**)
- d) Balança com resolução de 0,5 g [12];
- e) Estufa capaz de manter a temperatura entre $(107,5 + 2,5)^{\circ}\text{C}$ [12];
- f) Jogo de peneiras com as seguintes aberturas: 75 mm – 63 mm – 50 mm – 37,5 mm – 25 mm – 19 mm – 12,5 mm – 9,5 mm – 6,3 mm – 4,75 mm – 2,36 mm e 1,7 mm [12];
- g) Bandeja metálica de aproximadamente 70 x 50 x 50 cm [12];
- h) Colher retangular ou pá de cabo curto [12];
- i) Escova de fibra para limpeza das esferas (carga abrasiva) depois do ensaio [12].

Figura 7: Equipamento para ensaio de abrasão Los Angeles

Fonte: PIARC (The World Road Association) Adaptado pelo autor

Figura 8: Carga Abrasiva

Graduação	Número de esferas	Massa da carga
A	12	5000 ± 25
B	11	4484 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15
E	12	5000 ± 25
F	12	5000 ± 25
G	12	5000 ± 25

Verificar periodicamente se as esferas satisfazem às condições físicas quanto à massa, dimensões e unidade da superfície.

Fonte: PIARC (The World Road Association)

Adaptado pelo autor

2.5.2 PREPARAÇÃO DA AMOSTRA

- A amostra para ensaio será obtida separando, por peneiramento, as diferentes frações dos agregados, conforme a **tabela 2** [12];
- Lavar e secar separadamente cada fração do agregado em estufa (107 + 2,5)°C até massa constante [12];
- Verificar qual o tipo de granulometria do material que mais se aproxima do agregado em estudo; pesar as quantidades correspondentes das frações obtidas no item b, até completar a massa total da amostra, nas proporções estabelecidas e misturá-las muito bem entre si [12].

2.5.3 PROCEDIMENTO DO ENSAIO

- Determinar a massa da amostra (M) com precisão de 1 g conforme obtido no item 3 C, secar em estufa e depois colocar a amostra dentro do tambor mais as esferas de aço (carga abrasiva) [12];
- Ligar a máquina com a mostra mais a carga abrasiva, o tambor deve girar a uma velocidade entre 30 a 33 r.p.m., até completar 1000 rotações para as graduações E, F e G [12];
- Retirar o material do tambor e peneirá-lo na peneira de abertura de malha 1,7 mm [12];
- Lavar a amostra retida na peneira de malha 1,7 mm e secar em estufa a $(107,5 + 2,5)^{\circ}\text{C}$ [12];
- Após o período na estufa, pesar a amostra (M1) com precisão de 1g [12].

Figura 9: Graduação para Ensaio

Peneiras # (mm)		Amostra – massa parcial						
Material		Graduação						
Passa	Retido	A	B	C	D	E	F	G
75	63					2500 \pm 50		
63	50					2500 \pm 50		
50	37,5					5000 \pm 50	5000 \pm 50	
37,5	25	1250 \pm 25					5000 \pm 25	5000 \pm 25
25	19	1250 \pm 25						5000 \pm 25
19	12,5	1250 \pm 10	1250 \pm 10					
12,5	9,5	1250 \pm 10	1250 \pm 10					
9,5	6,3			1250 \pm 10				
6,3	4,75			1250 \pm 10				
4,75	2,36				1250 \pm 10			
Massa totais (g)		5000 \pm 10	5000 \pm 10	5000 \pm 10	5000 \pm 10	10000 \pm $\frac{\pm}{100}$	10000 \pm $\frac{\pm}{75}$	10000 \pm $\frac{\pm}{50}$
Número de rotações do tambor		500	500	500	500	1000	1000	1000

Fonte: PIARC(The World Road Association)Adaptado pelo o autor

2.5.4 CÁLCULOS:

Calcular a porcentagem de perda por abrasão através da equação 2.3:

$$P = (M - M1)/M \quad (2.1)$$

P = Perda por abrasão em porcentagem;

M = Massa do material seco do material obtido;

M1 = Massa do material [12].

2.6 ADESIVIDADE DNER-ME 078/94:

O efeito da água em separar ou descolar a película de ligante asfáltico da superfície do agregado pode torná-lo inaceitável para uso em misturas asfálticas. Esse agregado é denominado de hidrófilo. Agregados silicosos, como o quartzito e alguns granitos, são exemplos de agregados que requerem atenção quanto à sua adesividade ao ligante asfáltico. Agregados com alta adesividade em presença de água são denominados de hidrofóbicos e são aceitáveis para utilização em misturas asfálticas [14].

Os ensaios para determinação das características de adesividade podem ser subdivididos em dois grupos: aqueles que avaliam o comportamento de partículas de agregados recobertas por ligante asfáltico e aqueles que avaliam o desempenho de determinadas propriedades mecânicas de misturas sob a ação da água [14].

No método DNER-ME 078/94 a mistura asfáltica não-compactada é imersa em água e as partículas cobertas pelo ligante asfáltico são avaliadas visualmente[14]

A redução da resistência à compressão simples é uma indicação da qualidade do agregado em relação à adesividade. A relação de perda de resistência pelo efeito da água é dada por RC'/RC . Para que se considere aceitável a mistura quanto à adesividade, essa relação deve ser superior ou igual a 0,75, ou seja, a perda deve ser menor ou igual a 25% [14].

2.7 COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DE MISTURA DE AGREGADOS CBUQ DNIT - ES 031-2006:

Série normal e série intermediária: Conjunto de peneiras sucessivas, que atendam às normas NM-ISO 3310-1 ou 2, com as aberturas de malha estabelecidas na tabela (figura 10):

Dimensão máxima característica: Grandeza associada à distribuição granulométrica do agregado, correspondente à abertura nominal, em milímetros, da malha da peneira da série

Figura 10: Series de Peneiras

<i>Serie Normal / Série Normal</i>	<i>Serie Intermedia / Série Intermediária</i>
75 mm	-
-	63 mm
-	50 mm
37,5 mm	-
--	31,5 mm
--	25 mm
19 mm	-
-	12,5 mm
9,5 mm	-
-	6,3 mm
4,75 mm	-
2,36 mm	-
1,18 mm	-
600 µm	-
300 µm	-
150 µm	-

Fonte: PIARC(The World Road Association)Adaptado pelo autor

normal ou intermediária, na qual o agregado apresenta uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5 em massa [15].

módulo de finura: Soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado, nas peneiras da série normal, dividida por 100 [15].

2.7.1 APARELHAGEM

- Balança;

Com resolução de 0,1 da massa da amostra de ensaio[15].

- Estufa;

Capaz de manter a temperatura no intervalo de (105 mais ou menos 5)°C [15].

- Peneiras;

Das séries normal e intermediária, com tampa e fundo, que atendam às exigências das normas NM-ISO 3310-1 ou 2[15].

2.7.2 ENSAIO

- Secar as amostras de ensaio em estufa, esfriar à temperatura ambiente e determinar suas massas (m_1 e m_2)[15];
- Tomar a amostra de massa m_1 e reservar a de massa m_2 [15];
- Encaixar as peneiras, previamente limpas, de modo a formar um único conjunto de peneiras, com abertura de malha em ordem crescente da base para o topo. Prover um fundo de peneiras adequado para o conjunto[15];
- Colocar a amostra (m_1) ou porções da mesma sobre a peneira superior do conjunto, de modo a evitar a formação de uma camada espessa de material sobre qualquer uma das peneiras. Se o material apresenta quantidade significativa de materiais pulverulentos, ensaiar previamente as amostras conforme a NM-462. Considerar o teor de materiais pulverulentos no cálculo da composição granulométrica[15];
- O acúmulo de material sobre uma peneira impede o igual acesso de todos os grãos à tela, durante sua agitação, como também pode provocar a deformação permanente da tela. De forma a evitar esses problemas, para peneiras com aberturas menores que 4,75 mm, a quantidade retida sobre cada peneira, na operação completa de peneiramento, não deve exceder a 7 kg/m² de superfície de peneiramento. Para peneiras com aberturas de malha iguais ou maiores que 4,75 mm, a quantidade de material sobre a tela deve ser calculada pela expressão:

$$m = 2,5.a.s \quad (2.2)$$

onde:

m é a máxima quantidade de material sobre cada peneira, em quilogramas [15];

a é a abertura da malha, em milímetros [15];

s é a superfície efetiva de peneiramento, em metros quadrados [15].

2.8 DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE DOS AGREGADOS - NBR NM 52:2002

Estabelece o método de determinação da massa específica e da massa específica aparente dos agregados miúdos destinados a serem usados em concreto [15].

- MASSA ESPECÍFICA

É a relação entre a massa do agregado seco e seu volume, excluindo os poros permeáveis [16].

- **MASSA ESPECÍFICA APARENTE**

É a relação entre a massa do agregado seco e seu volume, incluindo os poros permeáveis [16].

- **MASSA ESPECÍFICA RELATIVA**

É a relação entre a massa da unidade de volume de um material, incluindo os poros permeáveis e impermeáveis, a uma temperatura determinada, e a massa de um volume igual de água destilada, livre de ar, a uma temperatura estabelecida [16].

2.8.1 APARELHAGEM

- **Balança**

Com capacidade para 1 kg e resolução de 0,1 g.

- **Frasco aferido** De 500 cm³ de capacidade, com erro inferior a 0,15 cm³ a 20°C.

- **Molde tronco-cônico Metálico**, de (40 mais ou menos 3) mm de diâmetro superior, (90 mais ou menos 3) mm de diâmetro inferior e (75 mais ou menos 3) mm de altura, com espessura mínima de 1 mm.

- **Haste de compactação Metálica**, com (340 mais ou menos 15) g de massa, tendo superfície de compactação circular plana de (25 mais ou menos 3) mm de diâmetro.

- **Estufa** Capaz de manter a temperatura no intervalo de (105 mais ou menos 5) °C.

- **Bandeja metálica** Para secar a amostra.

- **Espátula de aço**.

- **Circulador de ar regulável**.

- **Dessecador** [16].

2.8.2 PROCEDIMENTO

- **Pesa-se** (500,0 mais ou menos 0,1)g da amostra. Encher de água ate a outra marca de 500 ml. Depois, move-se o frasco para eliminar as bolhas de ar, e colocar em um banho em uma temperatura constante de (21 mais ou menos 2) °C.

- **Quando se passar uma hora**, completa-se com água ate a marca de 500 cm³, determinando assim a massa total de 0,1 g (m₂).

- **Retirá-lo o agregado do frasco e secá-lo** a (105 mais ou menos 5) °C ate massa constante (mais ou menos 0,1 g), Esfriar à uma temperatura ambiente e pesar com uma precisão de 0,1 g (m) [16].

2.8.3 CÁLCULOS

Massa específica aparente do agregado

Calcular utilizando a equação 2.3:

$$d = m/v - Va \quad (2.3)$$

onde:

d , é a massa específica aparente do agregado seco, em gramas por centímetro cúbico;

m , é a massa da amostra seca em estufa, determinada em gramas;

V , é o volume do frasco, em centímetros cúbicos;

Va , é o volume de água adicionada ao frasco, de acordo com a equação 2.4 em centímetros cúbicos:

$$Va = m2 - m1/Pa \quad (2.4)$$

$m1$, é a massa do conjunto (frasco + agregado) determinada em gramas;

$m2$, é a massa total (frasco + agregado + água) determinada em gramas;

Pa , é a massa específica da água, em gramas por centímetro cúbico.

Massa específica do agregado saturado superfície seca.

Calcular utilizando a equação 2.5:

$$d = ms/V - Va \quad (2.5)$$

onde:

$d2$, é a massa específica do agregado saturado superfície seca, em gramas por centímetro cúbico;

ms , é a massa da amostra na condição saturada superfície seca, em gramas;

V , é o volume do frasco, em centímetros cúbicos;

Va , é o volume de água adicionada ao frasco, em centímetros cúbicos.

- Massa específica

Calcular utilizando a equação 2.6:

$$d = m/(V - Va) - ms - m/Pa \quad (2.6)$$

onde:

d, é a massa específica do agregado, em gramas por centímetros cúbicos;

m, é a massa da amostra seca em estufa, determinada em gramas;

V, é o volume do frasco, em centímetros cúbicos;

Va, é o volume de água adicionado ao frasco, determinado em centímetros cúbicos;

ms, é a massa da amostra na condição saturada superfície seca em gramas;

Pa, é a massa específica da água, em gramas por centímetro cúbico [16].

2.9 DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE REAL - DNE-ME 084/95

2.9.1 DENSIDADE REAL

De acordo com o objetivo citado na norma fornecida pelo DNIT, ela “fixa o procedimento para a determinação da densidade real de agregado miúdo” [17].

Por definição, a densidade determinada por este método é a relação da massa de determinado volume de amostra à 25 °C para a massa de igual volume de água destilada ou deionizada à mesma temperatura.

A aparelhagem necessária para a execução do método é a seguinte [17]:

- a) Picnômetro: um recipiente com a capacidade de 500 mL, com a aproximação de mais ou menos 0,1 mL;
- b) Repartidor de amostras de 1,3 cm de abertura;
- c) Peneiras de abertura de 4,8 mm e 0,075 mm, de acordo com a DNER-EM 035/95 – Peneiras de malhas quadradas para análise granulométrica de solo;
- d) Balança com capacidade de 2 kg, sensibilidade de 0,01 g;
- e) Estufa com capacidade de manter a temperatura entre 105 C e 110 °C;
- f) Termômetro graduado em 0,5 °C, de 0° a 50 °C;
- g) Cápsula de porcelana com capacidade de 500 mL;
- h) Bico de gás ou outra fonte de calor;

- i) Dessecador .

2.9.2 AMOSTRAGEM

1. Uma porção do agregado miúdo com cerca de 1000 g é separado por quarteamento ou repartidor;
2. Para o ensaio da amostra, usa-se as peneiras 4,8 mm e 0,075 mm para peneirar a porção de cerca de 500 g como amostra;
3. A Amostra é seca em estufa a 105 a 110 °C até massa constate e após o seu resfriamento é feito em dessecador [17].

2.9.3 ENSAIO

1. São registrados todos os resultados com a aproximação de 0,01 g;
2. Com o picnômetro rigorosamente limpo e seco, é pesado vazio. Então a massa do picnômetro é designada a;
3. No picnômetro coloca-se a amostra que é obtida conforme descrito no item 3 da AMOSTRAGEM e após pesada. A soma da massa do picnômetro mais a massa da amostra é designada b;
4. Água destilada ou deionizada é colocada no picnômetro até cobrir a amostra de agregado, sem enchê-lo;
5. A seguir, o picnômetro é aquecido até sua fervura, para expulsar todo o ar que possa existir no conteúdo, deve-se agitar para que não haja superaquecimento. Após o picnômetro é resfriado em banho d'água à 25 °C;
6. Completa-se então o volume vazio que resta no picnômetro com água destilada ou deionizada, à temperatura de 25 °C, até o traço de referência. Depois deve-se enxugar bem o picnômetro externamente com um pano limpo e seco;
7. Logo após o conteúdo e o picnômetro são pesados. A massa do picnômetro mais amostra mais água, é designada c;
8. Por fim, retira-se cuidadosamente todo o material existente no picnômetro; lavar e encher o picnômetro até o traço de referência com água destilada ou deionizada à temperatura de 25 °C. Em seguida deve-se enxugar o picnômetro externamente com um pano limpo e seco e pesá-lo. A massa do picnômetro mais água, é designada d; [17].

2.9.4 CÁLCULOS E RESULTADOS

2.9.4.1 CÁLCULOS

1. A densidade real do agregado miúdo é dada pela equação 2.6:

$$D_{25} = \frac{b - a}{(d - a) - (c - d)} \quad (2.7)$$

Em que:

- 1.1 D_{25} = A densidade real do agregado miúdo, a 25/25 °C;

a = massa do picnômetro vazio e seco, em g;

b = massa do picnômetro mais amostra, em g;

c = massa do picnômetro mais amostra mais água, em g;

d = massa do picnômetro cheio d'água, em g [17].

2.9.4.2 RESULTADOS

- 2 O resultado, em conformidade com o que foi descrito no item 1.1 acima, é a média de duas determinações, registradas em número adimensional, com aproximação de centésimos;
- 2.1 As determinações não devem diferir de mais ou menos 0,02 da média, para um mesmo operador [17].

2.10 AVALIAÇÃO DA DURABILIDADE PELO EMPREGO DE SOLUÇÃO DE SULFATO DE SÓDIO OU DE MAGNÉSIO MÉTODO (DNER ME - 089):

Determinar a resistência a desintegração dos agregados sujeitos a ação do tempo, pelo o ataque de soluções de sulfato de sódio e magnésio[18].

2.10.1 APARELHAGEM

- Peneiras 63,5-50-38-32-25-19-16-12,7-9,5-8-4,8-4-2,4-1,2-0,6-0,3 e de 0,15 mm, inclusive tampa e fundo;
- Balança com capacidade de 5 kg, sensível a 1 g;
- Balança com capacidade de 1 kg, sensível a 0,1 g;
- cestos cilíndricos, de tela metálica de abertura de 4,8 e de 0,15 mm, com 20 cm de altura e 20 cm de diâmetro munidos de aiça;

- Dispositivo capaz de manter a temperatura a 21 °C, sensível a 1 °C;
- Estufa capaz de manter a temperatura a 105°C - 110°C e uma razão de evaporação média de no mínimo 25 g por hora, durante 4 horas [18].

2.10.2 ENSAIO

- Insere-se a amostra no sulfato de sódio ou de magnésio por 16 a 18 horas, ficando o nível da solução 1 cm acima da amostra. Cobrir o recipiente para evitar a evaporação. E a amostra deve estar entre 21 °C, com tolerância de 1°C;
- Após, retirar a amostra, drenar a mesma por 15 minutos e colocar na estufa a 105°C - 110°C até a constância de peso;
- o processo de imersão e secagem constituem em um ciclo, que deverá ser repetido até o número desejado de ciclos seja completado;
- Devem ser examinadas as frações maiores de 19 mm após cada imersão [18].

2.10.3 EXAME QUANTITATIVO

- Após ciclo final e resfriamento da amostra, lava-se a mesma com cloreto de bário a 10 %, retirando o excesso de sulfato de sódio, lavando também em água corrente;
- Secar as amostras até constância de peso, a 105°C - 110°C, e pesadas;
- Peneirar o material na peneira de 9,5 mm [18].

2.10.4 EXAME QUALITATIVO

Deve ser feito em duas partes:

- Observação do efeito da ação do sulfato de sódio ou de magnésio e a natureza da ação;
- contagem do número de partículas afetadas [18].

2.10.5 RESULTADOS

Anotam-se:

- Porcentagem em peso de cada fração da amostra;
- Média ponderada calculada em função da porcentagem e da perda de cada fração e com base na granulometria da amostra ou, preferencialmente, na granulometria da porção do material da qual a amostra é representativa;

- Numero de partículas maiores que 19 mm do ensaio, após o ensaio foram afetadas e como foram (desintegração fendilhamento, esmagamento, quebra, laminagem, etc) [18].

2.11 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE FORMA PELO CRIVO REDUTOR MÉTODO (DNER-ME 086/94):

Determinar a variação dos eixos multidirecionais das partículas que compõem o agregado, definindo-a pelo o índice de forma [19].

2.11.1 APARELHAGEM

- Peneiras com crivo circular com diâmetro de 76,0-63,5-50-38-32-25-19-16-12,7-9,5 e de 6,3 mm, ajustáveis para o peneiramento;
- Crivos redutores de 38-32-25-21-19-17-16-12,7-10,5-9,5-8,5-8,0-6,3-5,3-4,8-4,2 e de 3,2 mm, com suporte para o peneiramento;
- Peneiras de 76-63,5-50-38-25-19-12,7-9,5 e de 4,8 mm, com tampa e fundo como fala na ABNT NBR 5734;
- Agitados para peneiras;
- Balança com capacidade de 20 kg, sensível a 1 g;
- Tabuleiro de 45 x 25 x 5 cm [19].

2.11.2 AMOSTRA

- Conhecer a granulometria do material;
- Selecionar as frações de quantidades indicadas na tabela encontrada em anexo da norma (DNER-ME 086/94) [19].

2.11.3 ENSAIO

- Separar de cada fração as partículas retidas no crivo, anotando seu peso;
- Testar o material que passa pelo primeiro crivo redutor. Anota-se o peso desse material;
- Repetir o descrito acima com todas as frações da graduação escolhida [19].

2.11.4 RESULTADO

Determinar para cada fração, as porcentagens retidas em cada crivo redutor;

- Calcula-se o índice de forma pela seguinte formula:

$$f = P1 + 0,5P2/100n \quad (2.8)$$

Onde:

f- Índice de forma;

P1 -Soma das porcentagens retidas nos crivos 1, de todas as frações;

P2 -Soma das porcentagens retidas nos crivos 2, de todas as frações;

n - Numero de frações que compõem a graduação escolhida [19].

2.12 DOSAGEM MARSHALL - III (ABNT-NBR-12891)(DNER-ME-043)

Determinar a estabilidade e fluência de misturas betuminosas usinadas a quente, utilizando o aparelho Marshall [20].

2.12.1 APARELHAGEM

- Prensa capaz de aplicar cargas ate 39,2 KN com erro inferior de 24,5 N, movimentando a uma velocidade de 5 cm por minuto, com anel de capacidade de 22,2 KN, co a sensibilidade de 44,5 N, e de 111,2 N entre 4,45 KN e 22,2 KN, com um defletometro, com graduação de 0,0025 mm para medir encurtamentos e avaliação de cargas.
- Molde de compactação de aço, recomendáveis três moldes;
- Repartidores de amostra de 1,3 cm e de 2,5 cm de abertura;
- Estufa capaz de manter uma temperatura de 200°C, com variação de mais ou menos 2 °C;
- Balança com capacidade de 5 kg co resolução de 1 g, permitindo a pesagem hidrostática;
- Bandeja metálica co cerca de 50 cm x 30 cm x 5 cm;
- Extrator de corpo de prova, de aço, em forma de disco;
- Peneiras de 25-19-9,5-4,8 e de 2,0 mm de abertura, inclusive tampa e fundo;
- Colher de metal com capacidade de (30-50) ml, com cabo de cerca de 25 cm;

- Recipiente em aço estampado, cilíndrico, com asa lateral de material isolante térmico e bico vertedor com capacidade de meio litro;
- Termômetro de vidro em 2°C, de (10 a 200)°C, medindo assim a temperatura do agregado, betume e mistura;
- Termômetro graduado em 0,5 °C de (20-70)°C, para medição em banho de água ou ao ar;
- Espatula de aço, com ponta arredondada, com lamina de 18 cm de comprimento e 3 cm de largura;
- Base de compactação, livre de trepidação e vibração;
- Soquete de compactação de aço com 4 540 g de massa e a altura de que queda livre de 45,72 cm;
- Medidor de fluência, com graduações de 0,25 mm;
- Paquímetro com exatidão de 0,1 mm;
- Local com água e capacidade de 9 corpos-de-prova, provido de uma prateleira plana e perfurada, 50 mm acima do fundo, para permitir a circulação de água por baixo dos corpos-de-prova;
- Molde de compressão de aço;
- Luva de amianto, mão esquerda, com cinco dedos, com proteção de couro na face externa da palma e dos dedos;
- Relógios de alarme para intervalos de tempo de até 60 minutos, com resolução de 1 minutos;
- Parafina, pincel e papel de filtro de diâmetro de 101,6 mm;
- Pinça de aço inoxidável ou de alumínio, para colocar e retirar os corpos-de-prova do banho de água [20].

2.12.2 PREPARAÇÃO DOS CORPOS-DE-PROVA

- O ligante deve apresentar uma viscosidade de (170 mais ou menos 20) cSt ou (85 mais ou menos 10) sSF para o cimento asfáltico,
- A temperatura de compactação da mistura é quando o ligante apresenta uma viscosidade de (280 mais ou menos 30) cSt ou (140 mais ou menos 15) sSF para o cimento asfáltico, ou a viscosidade específica Engler de 40 mais ou menos 5 para o alcatrão [20].

2.12.3 PREPARAÇÃO DAS MISTURAS

- Preparar no mínimo três corpos-de prova para cada dosagem e mistura;
- Secar os agregados até massa constante em estufa a (105 a 110)°C e separa-los nas seguintes frações:
 - 25 a 19 mm;
 - 19 a 9,5 mm;
 - 9,5 a 4,8 mm;
 - 4,8 a 2,0 mm;
 - 2,0 mm.
- Pesquisar os agregados para um corpo de prova, de cada vez em recipientes separados, nas quantidades de cada fração, que logo após mistura com o ligante produza corpo-de-prova com cerca de 1200 g e (63,5 mais ou menos 1,3) mm de altura;
- Aplica-se o mesmo procedimento pra os demais corpos-de-prova;
- Colocar o recipiente em uma temperatura de 10°C a 15°C, acima da temperatura do ligante, não ultrapassando 177°C;
- Misturar os agregados de cada recipiente, abrir um orifício para que possa colocar o ligante, que deve ser pesado;
- De 2 a 3 minutos misturar rapidamente até completar a cobertura dos agregados, de preferência uma mistura mecânica [20].

2.12.4 COMPACTAÇÃO DOS CORPOS-DE-PROVA

- O molde de compactação e a base do soquete devem estar limpos, aquecidos em água fervente de (90 a 150)°C. Colocar o molde em posição no suporte de compactação e introduzir nele uma folha de papel-filtro. Colocar no molde a mistura, de uma só vez (2 minutos). Acomodar a mistura quente com 15 golpes vigorosos de espátula no interior e ao redor do molde e 10 no centro da massa, remover o anel superior e alisar a mistura com uma colher ligeiramente aquecida;
- Recolocar o anel superior e aplicar o número de golpes descritos acima. Inverter os anéis (sp e inf) e forçar com o soquete a mistura ate atingir a placa base, fazer o mesmo com o corpo-de-prova invertido;
- Deixar repousar o corpo-de-prova durante 12 horas após a compactação em temperatura ambiente. O corpo-de-prova deve ter (63,5 mais ou menos 1,3) mm [20].

2.12.5 DETERMINAÇÃO DA ESTABILIDADE E DA FLUÊNCIA

- Colocar os corpos-de-prova em banho maria a (60 mais ou menos 1)°C, para misturas com cimentos asfáltico ou a (38 mais ou menos 1) °C, para misturas com alcatrão, em 30 a 40 minutos;
- Colocar os corpos-de-prova no molde de compactação a (21 a 38)°C;
- Posiciona-se o molde na prensa e coloca-se o medidor de fluência e ajustado na posição de ensaio;
- A prensa trabalhará a 5 cm por minuto até o rompimento do corpo-de-prova, anota-se o valor obtido em N(kgf);
- A carga em N (kgf) que se tem para chegar ao rompimento é anotada como "estabilidade lida", corrigindo esse valor para a espessura do corpo-de-prova, multiplicando-se por um fator que é em função da espessura do corpo-de-prova, ou através da seguinte equação 2.9:

$$f = 927,23h^{-1,64} \quad (2.9)$$

Onde:

f- fator;

h - espessura do corpo-de-prova [20];

- O resultado obtido é o valor da estabilidade Marshall;
- O valor da fluência é obtido junto ao da estabilidade. Quando aplicada a pressão sobre a luva do medidor de fluência deve ser relaxada, quando se rompe o corpo-de-prova, será lido e anotado o valor da fluência;
- A fluência também poderá ser medida através do defletometro, ao invés do medidor de fluência citado acima [20].

2.12.6 RESULTADOS

- Através da carga média, será dado a estabilidade em N(kgf), de pelo menos três corpos-de-prova;
- Fazendo a média dos valores obtidos em pelo menos três corpos-de-prova, expressa em 0,25 mm, se tem a fluência;
- Indicar o tipo de amostra ensaiada (amostra de laboratório por corpo-de-prova extraído de pavimento);

- Temperatura de ensaio [20].

Já após a aplicação do material na via consegue-se avaliar sua textura através de alguns testes como o de mancha de areia.

2.12.7 Microtextura e macrotextura

Sabendo que a textura é um dos aspectos que podemos interferir, é o foco principal da avaliação com relação a textura dos pavimentos. A classificação da textura segundo a PIARC (The World Road Association) depende do comprimento de onda ou distância entre dois picos ou depressões na superfície conforme indicado na tabela abaixo (figura 11):

2.13 CLASSIFICAÇÃO DA TEXTURA DE UM PAVIMENTO

Figura 11: Textura

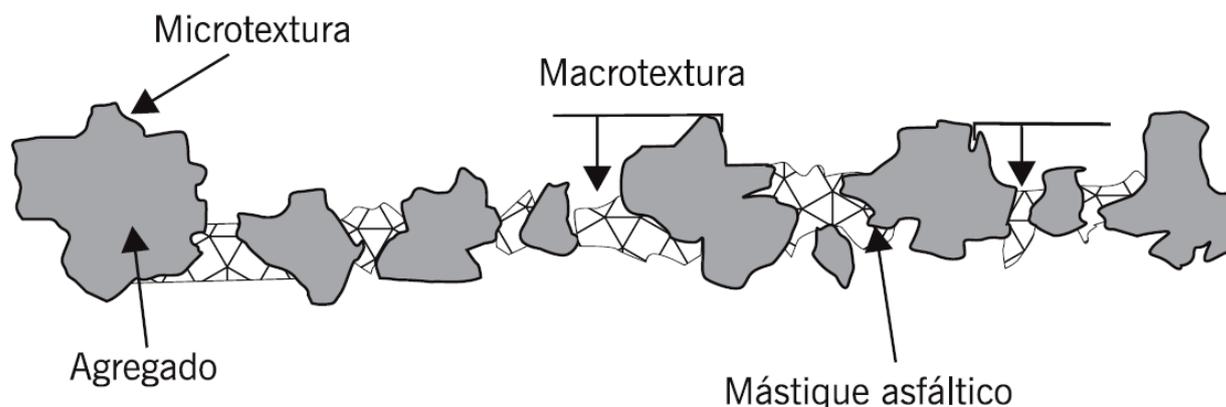
Classificação da textura	Faixa de comprimento de onda
Microtextura	$\lambda < 0,5\text{mm}$
Macrotextura	$0,5\text{mm} \leq \lambda < 50\text{mm}$
Megatextura	$50\text{mm} \leq \lambda < 500\text{mm}$
Irregularidade	$0,5\text{m} \leq \lambda < 50\text{m}$

Fonte: PIARC (The World Road Association) Adaptado pelo autor

A megatextura e a irregularidade interferem na dinâmica veicular e no contato do veículo com o pavimento, afetando também a estabilidade direcional e a aderência em pistas molhadas. No entanto, para a avaliação da textura da superfície no que se refere à aderência são enfocadas a microtextura, dependente da superfície e aspereza dos agregados, e a macrotextura, dependente da rugosidade formada pelo conjunto agregados e mástique [21].

A microtextura pode ser avaliada por um equipamento simples como o pêndulo britânico (ASTM E 303). Esse equipamento é munido de um braço pendular cuja extremidade tem uma sapata recoberta de borracha para ser atritada contra a superfície do pavimento umedecida. As figuras 14 e 15 mostram o equipamento pêndulo britânico sendo operado para a determinação do VRD – valor de resistência à derrapagem. A figura 13 mostra as classes de microtextura dependentes do VRD [19].

Tem-se recomendado o valor mínimo de 47 para garantir pelo menos uma microtextura medianamente rugosa. A microtextura é uma característica muito importante para rompimento

Figura 12: Micro e macrotextura na superfície de um revestimento asfáltico

Fonte: Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros

Adaptado pelo autor

da película de água e promoção do contato pneu-pavimento para baixas velocidades de deslocamento, de até cerca de 40 km/h.

A macrotextura pode ser determinada de várias formas, sendo a mais comum pelo ensaio simples de altura média da mancha de areia (ASTM E 965). Os materiais envolvidos nesse teste são de baixo custo e são mostrados na tabela (figura 13):

Figura 13: Classes de microtextura

Classe	Valor de resistência à derrapagem
Perigosa	< 25
Muito lisa	$25 \leq \text{VRD} \leq 31$
Lisa	$32 \leq \text{VRD} \leq 39$
Insuficientemente rugosa	$40 \leq \text{VRD} \leq 46$
Medianamente rugosa	$47 \leq \text{VRD} \leq 54$
Rugosa	$55 \leq \text{VRD} \leq 75$
Muito rugosa	$\text{VRD} > 75$

Fonte: Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros e (ABPv, 1999)

Adaptado pelo autor

A areia deve ser uniforme, arredondada, passante na peneira no 60 (0,177 mm) e retida na peneira no 80 (0,250 mm), com um volume de 25.000 mm³. A areia deve ser espalhada sobre a superfície do pavimento com auxílio de uma base de um pistão circular, que é movimentada em círculos, paralelamente à superfície do pavimento, de modo a distribuí-la de forma homogênea,

perfazendo um círculo de areia – Figura 9.27(b). O espalhamento cessa quando aparecem algumas pontas dos agregados. Mede-se na sequência o diâmetro do círculo de areia com auxílio de uma trena ou régua, em três direções distintas e faz-se a média das três determinações [19]:

Figura 14: Operação do pêndulo britânico para a determinação do valor de resistência à derrapagem - Após atrito sobre a superfície do pavimento quando o pêndulo empurra a haste que marca o valor de VRD.



Fonte: (Fotos: Moura) Adaptado pelo autor

Figura 15: Operação do pêndulo britânico para a determinação do valor de resistência à derrapagem - Logo após o início do ensaio, com o pêndulo sendo solto livremente em direção ao pavimento.



Fonte: (Fotos: Moura) Adaptado pelo autor

2.13.1 A altura média de mancha de areia pode ser calculada pela expressão:

$$HS = 4V/D^2 \cdot 3,14 \quad (2.10)$$

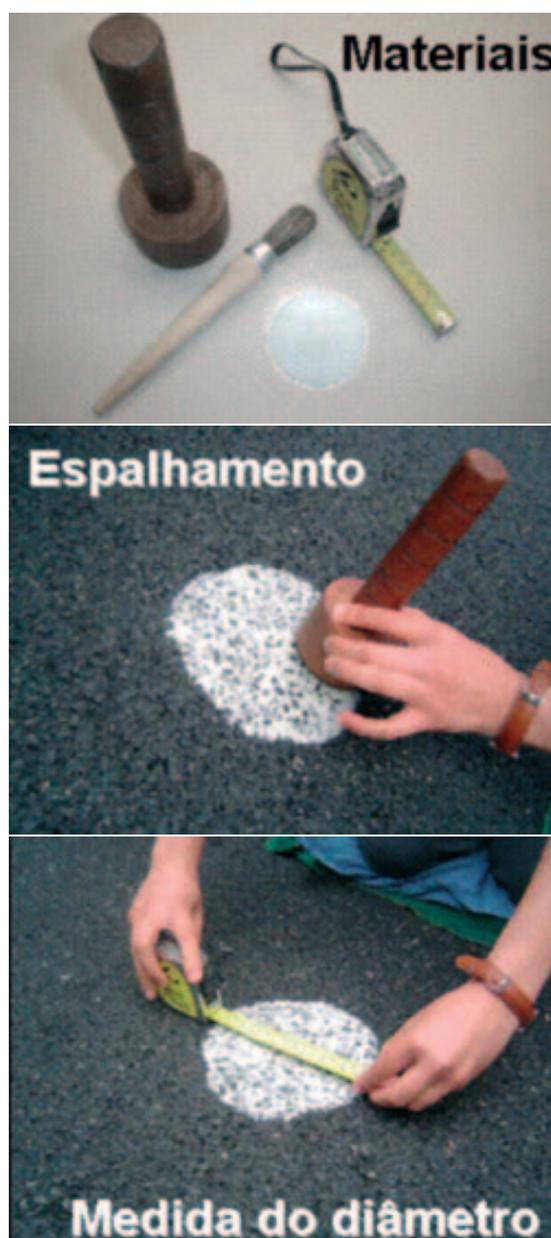
Onde:

HS = altura média de mancha de areia em mm;

V = volume constante de areia de 25.000 mm³;

D = diâmetro médio do círculo de areia em mm.

Figura 16: Equipamentos e passos do ensaio de mancha de areia



Fonte: (Fotos: Moura, 2004) Adaptado pelo autor

2.13.2 A classificação da macrotextura é dada pela altura média de mancha de areia segundo critérios mostrados na Tabela

:

Figura 17: Classificação da macrotextura

Classe	Altura média de mancha de areia (mm)
Muito fina ou muito fechada	$HS \leq 0,20$
Fina ou fechada	$0,20 < HS \leq 0,40$
Média	$0,40 < HS \leq 0,80$
Grosseira ou aberta	$0,80 < HS \leq 1,20$
Muito grosseira ou muito aberta	$HS > 1,20$

Fonte: Classes de Macrotextura (Abpv, 1999) (Fotos: Moura, 2004)

2.13.3 AVALIAÇÃO DE ADERÊNCIA EM PISTAS MOLHADAS

Quanto a estimativa de segurança de um pavimento, esta depende algumas variáveis como, sinalização, comportamento humano na via etc. Quanto ao aspecto do pavimento, além da geometria da via e as irregularidades superficiais que assim apresentam, é importante também avaliar o atrito entre pneu-pavimento, principalmente em dias de chuvosos, onde aumenta o risco por exemplo de ocorrer aquaplanagem dos veículos devido à baixa aderência com o pavimento [15].

Sabe-se que diversos fatores colaboram para a aderência pneu-pavimento em pistas molhadas, mas dentre esses, dois são essenciais: “a textura superficial da pista e características dos pneus (ranhuras, pressão de inflação, dimensões e tipo).” Claro que a habilidade do motorista que encontra-se na direção, a geometria das pistas de rolagem e as condições gerais do veículo, contribuem para evitar acidentes. A segurança em pistas molhadas pode ser considerada como um dos aspectos funcionais de um pavimento, muito embora em nosso país haja pouca tradição na avaliação em nossas rodovias, o mais usual é em autódromos e aeroportos. Por Exemplo, as condições de aderência de pavimentos aeroportuários constituem-se fatores de grande relevância nas avaliações de superfície e na decisão de manutenções, principalmente das pistas de pouso e decolagem [15].

Casos como a hidroplanagem ou aquaplanagem, ocorre quando os pneus de um determinado veículo perdem o contato com o pavimento devido à presença de uma película de água não rompido pelos pneus ou pela textura presente na pista. Nessa situação os pneus deixam de rolar sobre a superfície e passam a escorregar sobre ela. A manutenção do contato entre as superfícies é essencial, portanto, para evitar a hidroplanagem. Através desse contato pode-se garantir o atrito. Quando o atrito fica reduzido através do contato pneu-pavimento, pode-se perder o controle da direção do veículo e a frenagem também pode ficar prejudicada. Um fator que também interfere consideravelmente na redução do atrito pneu-pavimento, é o aumento de velocidade. Nota-se assim que o contato de um pneu com um pavimento é uma interação complexa, dependendo de fatores como aderência entre a borracha do pneu e o pavimento em contato que também sofre

decorrente deformação do pneu que é provocada principalmente pelos agregados presentes na superfície do próprio pavimento [15].

Falando de aderência pneu-pavimento, ela pode ser verificada com a obtenção do coeficiente de atrito. Dois processos que tem responsabilidades pelo atrito entre o pneu e o pavimento: atrito em função da adesão e atrito devido à perda por histerese. Fatores que influenciam na adesão são a micro textura da superfície, a temperatura e a velocidade de deslocamento. Já a macro textura do pavimento esta diretamente relacionada a histerese. Assim um bom nível de micro textura tende ao rompimento da água existente entre o pavimento e o pneu. Já no caso da macrotextura tem sua importância, pois favorece a drenagem da lamina d água que se encontra na área compartilhada entre pneu pavimento [15].

A microtextura é a rugosidade da superfície de cada agregado da mistura asfáltica, sendo que não pode ser vista a olho nu. Já a macro textura se relaciona ao tamanho dos agregados, ou seja: a faixa granulométrica, a configuração geométrica dos agregados e aos vazios que existem na mistura asfáltica. Sabe-se que quanto mais aberta a macro textura for, maior será a profundidade da lamina de água provocando o fenômeno chamado de hidroplanagem. Assim devemos analisar a macro textura já na criação da mistura, pois a mesma tem grande influência no aumento da aderência por causa da eliminação da água encontrada no local de contato entre pneu e pavimento [21].

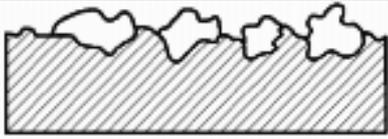
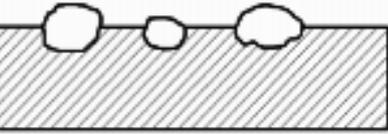
2.13.4 TIPOS DE SUPERFÍCIE

Falando de micro textura a superfície de um pavimento pode ser denominada rugosa ou polida, onde quando rugosa aquela que apresenta arestas vivas e a polida será quando a superfície do pavimento é lisa. Já com relação à macro textura, a mesma deve ser classificada em aberta ou fechada, quando aberta apresenta agregados graúdos e fechada quando tem grande quantidade de finos na mistura. Assim sabe – se então que existirá quatro diferentes tipos de características de micro e macro textura [1].

2.13.5 MEDIDAS DE TEXTURA DE ATRITO

Existem muitos métodos para a análise da textura e do atrito em pavimento, sendo que um dos mais importantes para a análise da aderência pneu pavimento é o IFI (international friction Index), pois o mesmo combina medidas de atrito e de textura. O mesmo pode ser realizado através de dois tipos de medidas. Onde as técnicas devem ser homologadas através de critérios estabelecidos em experimento internacional [22]. Sabendo que no ano de 2007 foram feitas algumas alterações, denominando o mesmo para [23], sendo que tem os mesmos princípios dos métodos e equações da versão anterior. O IFI deixa claro as faixas de classificação para a aderência em função do par Sp e F60 que refere-se a constante de referência da velocidade e do atrito a 60 km/h de um determinado pavimento [22].

Figura 18: Tipos de superfícies possíveis em função da micro e macrotextura

Microtextura	Macrotextura	Superfície	Tipo de Textura
Rugosa	Aberta		Rugosa e Aberta
	Fechada		Rugosa e Fechada
Polda ou Lisa	Aberta		Polda e Aberta
	Fechada		Polda e Fechada

Fonte: (ABPv, 1999) Adaptado pelo autor

Materiais utilizados em pavimentos tendo maior influencia na aderência pneu pavimento. Dentre esses materiais o concreto asfáltico (CA) ainda é o mais utilizado no Brasil. Lembrando que na preparação da mistura, o conhecimento das propriedades dos agregados, junto a sua origem para a melhor utilização dos mesmos[22].

Com relação a textura, agregados que apresentam textura lisa tem maior facilidade de serem cobertos pelo ligante asfáltico, comparados com os de textura rugosa[22].

Assim é de extrema importância para a determinação da aderência pneu pavimento, vindo que a microtextura, que corresponde a a rugosidade do agregado, tem grande responsabilidade pelo o atrito no local[22].

Pontos importantes na avaliação do agregado têm grande necessidade de serem verificados já na fase da concepção da mistura, como: potencial abrasivo, afinidade ao ligante, resistência ao polímero e características que se relaciona ao atrito, por exemplo o polimento do agregado[22].

Deve ser analisado também a adesividade, onde pode variar de acordo com:

A composição mineral, aspereza da superfície, forma dos agregados e de suas arestas, presença de umidade na superfície e porosidade[22].

Existem métodos e materiais que melhoram a textura e a drenagem do pavimento. Temos como exemplo, o Grooving, a Camada Porosa de Atrito(CPA), a Lama asfáltica, o Stone Matrix Asphalt (SMA) e o Béton Bitumineux Tres Mince (BBTM). Mas infelizmente em nossos pais essas soluções ainda são poucas utilizadas. Sendo então o CA o mais utilizado no Brasil com

a granulométrica na faixa C, sem nenhuma fiscalização quanto as propriedades relacionadas a textura [14].

2.14 ENSAIOS

2.14.1 PENDULO BRITÂNICO:

Equipamento baseado no método ASTM E 303 – 98. Consiste em um pêndulo padronizado com uma base de borracha, onde o mesmo é lançado em direção ao pavimento molhado, medindo assim a perda de energia por atrito. A classificação de atrito esta apresentada na **figura 19** [20]:

Figura 19: Classificação dos resultados para o ensaio com o pendulo britânico

<i>Classificação</i>	<i>Legenda</i>	<i>Limites BPN</i>
Perigosa	P	BPN < 25
Muito Lisa	ML	$25 \leq \text{BPN} < 31$
Lisa	L	$32 < \text{BPN} < 39$
Insuficientemente Rugosa	IR	$40 < \text{BPN} < 46$
Medianamente Rugosa	MR	$47 < \text{BPN} < 54$
Rugosa	R	$55 < \text{BPN} < 75$
Muito Rugosa	MuR	BPN > 75

Fonte: (Aps, 2006) Adaptado pelo autor

2.14.2 MANCHA DE AREIA

Determina-se no ensaio a profundidade media da altura da mancha de areia nos pavimentos, para a obtenção das características da macro textura (ASTM E 965 -96). Onde o manual de Reabilitação de Pavimentos Asfálticos do DNIT (1998), apresentam os respectivos valores para a macro textura representada na **figura 20** [20];

2.14.3 DRENABILIDADE

Ensaio que através da capacidade de escoamento de água superficial, avaliar a textura do revestimento do pavimento. Utiliza-se o drenômetro, com os padrões do Institute for Highway, Railroads and Rock Engineering. Quando logo realize-se os ensaios de campo, deve-se fazer o calculo do IFI de acordo com a ASTM E 1960 – 98 na versão de 1998 representada na **figura 21** [20].

Figura 20: Classificação dos resultados para ensaio de mancha de areia

<i>Classificação</i>	<i>Legenda</i>	<i>Limites HS</i>
Muito Fina	MF	$HS < 0,20$
Fina	F	$0,20 < HS <$
Medianamente Fina	MeF	$0,40 < HS <$
Média	M	$0,60 < HS <$
Medianamente Grossa	MeG	$0,80 < HS <$
Grossa	G	$1,00 < HS <$
Muito Grossa	MG	$HS > 1,20$

Fonte: (Aps, 2006) Adaptado pelo autor

Figura 21: Faixas propostas para o IFI

<i>Classificação</i>	<i>Limites IFI</i>
Péssimo	$IFI < 0,05$
Muito Ruim	$0,06 \leq IFI < 0,08$
Ruim	$0,09 \leq IFI < 0,11$
Regular	$0,12 \leq IFI < 0,14$
Bom	$0,15 \leq IFI < 0,21$
Muito Bom	$0,22 \leq IFI < 0,35$
Ótimo	$IFI > 0,35$

Fonte: (Aps, 2006) Adaptado pelo autor

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para que possa estar pronto a mistura, inicia-se antes mesmo de se retirar o material granular natural os devidos testes e ensaios previstos por normas a serem seguidos. Na fase de preparação da mistura foram feitos pela empresa especializada "Solocap", residente na cidade de Belo Horizonte-Mg os seguintes ensaios:

- ABRASÃO LOS ANGELES MÉTODO ABNT NBR NM 51/2001;
- ADESIVIDADE DNER-ME 078/94;
- COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DE MISTURA DE AGREGADOS CBUQ DNIT - ES 031-2006;
- DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE DOS AGREGADOS;
- DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE REAL DNER-ME 081/98;
- AVALIAÇÃO DA DURABILIDADE PELO EMPREGO DE SOLUÇÃO DE SULFATO DE SÓDIO OU DE MAGNÉSIO Método DNER ME - 089;
- DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE FORMA PELO CRIVO REDUTOR MÉTODO DNER ME 086/94;
- DOSAGEM MARSHALL - III (ABNT-NBR-12891)(DNER-ME-043).

Ensaios esses que foram executados em laboratório (situado na empresa Solocap), a fim de chegar a resultados satisfatórios para determinar por exemplo a forma dos agregados, sua adesividade ao ligante, sua densidade, durabilidade, dosagem da mistura final, etc. Todos esses ensaios previstos e executados de forma estejam de acordo com sua norma regulamentadora.

Já após a escolha de todos os materiais:

- Fabricação do material em usina especializada, situada na empresa Britador São Geraldo, na rua Manoel Gonçalves de Castro, Caratinga - Mg.

Foi transportado o material até o local de aplicação Loteamento Cidade Jardim, situado na avenida professor Armando, Bairro das Graças, Caratinga-MG, para que fosse executado o serviço de espalhamento do material com a vibroacabadora e compactação devida da via projetada, com acompanhamento de responsáveis pelo serviço descrito.

- Após duas semanas da execução do serviço descrito acima:

Foi feita a análise da aderência pneu-pavimento no loteamento Cidade Jardim, situado na avenida professor Armando, Bairro das Graças, Caratinga-MG.

Essa análise pode ser feita através do conhecimento da macrotextura e microtextura, pois temos que lembrar que esses fatores, os engenheiros rodoviários podem interferir no resultado final desses aspectos [21].

Um desses testes é feito através do pendulo britânico, mas por questões de inviabilidade econômica o mesmo não foi realizado nessa pesquisa, até porque sabemos que se tem uma grande dificuldade de se conseguir o aparelho. Tem se recomendado que o valor do resultado da análise do pendulo britânico após calculado, deve ser no mínimo 47, para que se tenha uma textura mediamente rugosa [21].

Foi usado em cálculo da macrotextura (que depende diretamente do resultado da microtextura) o valor mínimo de 47 do VRD (valor de resistência a derrapagem) [21].

- Assim foram feitas as devidas análises com relação aos aspectos de micro e macrotextura do pavimento estudado a partir do teste de mancha de areia, onde usa-se os seguintes materiais:

Uma quantidade de areia conhecida com um volume de 25.000 mm³. Espalha-se a areia com auxílio de uma base circular, que é movimentada em círculos, paralelamente à superfície do pavimento, distribuindo-a de forma homogênea, até terminar o círculo de areia. Após, foi medido o diâmetro do círculo formado pela areia com uma trena.

- Calculou-se o HS, determinando assim o valor da textura superficial que foi analisado, com relação aos valores aceitáveis pela (ABPv, 1999)[21].

Equação 3.1:

$$HS = 4V/D^2 \cdot 3,14 \quad (3.1)$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Depois de todos os testes e ensaios abaixo executados, tem-se os resultados de cada respectivo teste detalhado em laudos técnicos oferecidos pela empresa Solocap, esses laudos encontram -se em anexo na ordem dos testes a seguir:

4.1 ABRASÃO LOS ANGELES MÉTODO ABNT NBR NM 51/2001 - ANEXO A

Após a conclusão do ensaio, medindo o desgaste do agregado (brita 3/4), teve como resultado o desgaste encontrado de 35,7%, sendo menor que 50% conforme as normas: DNIT-ES 141/10; DNIT-ES 031/06; DNIT-ES 035/05, Definindo como graduação "B".

4.2 ADESIVIDADE DNER-ME 078/94 - ANEXO B

Depois de passar os materiais nas peneiras 19 e 12,7 e determinar os pesos dos materiais, material foi aquecido, resfriado em ambiente, com um banho na temperatura do ensaio, pode-se chegar ao resultado de 0,08%, determinando assim o tipo de ligante como o "50-70", análise visual também sendo satisfatória.

4.3 COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DE MISTURA DE AGREGADOS CBUQ DNIT - ES 031-2006 - ANEXO C

Foram analisadas as britas 1,0 e pó de pedra, foram passadas nas devidas peneiras descritas no capítulo anterior, feito a combinação da quantidade passante de cada material, determinou-se faixa "C" para a composição granulométrica, como descrito no DNIT-ES 031/2006.

4.4 DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE DOS AGREGADOS - ANEXO D

No ensaio, foi analisada a brita 1 e desenvolvendo o método descrito em nossa revisão da literatura, chega-se a 1,513 gramas por metro cúbico na primeira amostra, 1,511 na segunda e 1,512 na terceira, feito então a média desses valores, chegando ao resultado final de 1,512 gramas por metro cúbico. Sendo classificada como densidade "média".

Já na análise da brita 0, a primeira amostra foi de 1,479 gramas por metro cúbico, a segunda 1,477 e a terceira 1,481, tendo como resultado final de 1,479 gramas por metro cúbico, classificada como densidade "média" também.

4.5 DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE REAL DNER-ME 081/98 - ANEXO E

Analisando a densidade real dos agregados, chega-se a uma densidade de 2,873 gramas por metro cúbico, para a brita 3/4 2,856 para a brita 0 e 2,841 para o pó de pedra, classificando todos os três agregados com densidade "média".

4.6 AVALIAÇÃO DA DURABILIDADE PELO EMPREGO DE SOLUÇÃO DE SULFATO DE SÓDIO OU DE MAGNÉSIO MÉTODO DNER ME - 089 - ANEXO F

Seguindo os procedimentos descritos em DNER-ME 089, encontrou-se o desgaste de 0,63%, sendo menor do 12%, assim a solução empregada ao ensaio foi o sulfato de magnésio, tendo como análise qualitativa, tendo uma desintegração no agregado. Ensaio esse feito no agregado (brita 3/4).

4.7 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE FORMA PELO CRIVO REDUTOR MÉTODO DNER ME 086/94 - ANEXO G

De acordo com o DNER ME 086/94 e todos os procedimentos descritos nos dois capítulos anteriores, teve 141,0% retido no crivo número 1 e 38,2% no crivo 2.

Assim com o resultado de 0,80 do índice de forma, sendo maior do que 0,50, classificada então como graduação "B" na análise da brita 3/4.

Já na análise da brita 0, o crivo 1 teve 39,6% retida, no crivo 2, 43,0% e calculado seu índice de forma, obteve o resultado de 0,61, determinando assim a graduação "B"

4.8 DOSAGEM MARSHALL - III (ABNT-NBR-12891) (DNER-ME-043) - ANEXO H

Como descrito no capítulo revisão da literatura, foi feita a dosagem a partir de todos os resultados dos testes acima, de acordo com NBR-12891 e DNER-ME-043, com todos os valores descritos no laudo em anexo, o número de golpes foi igual a 75, obteve densidade aparente de golpes por decímetro cúbico, densidade teórica de 2,603 golpes por decímetro cúbico, 16,75% de vazios agregados mineral, 77,42%, de relação de betume vazios, vazios totais de 3,78%, estabilidade Marshall de 1220 Kgf, fluência de 2,56mm e tração para compressão diametral de 0,75 Mpa. Assim definiu-se teor ótimo do CAP de 5,2%, aceitável pela solocap e pelo DNIT, concluindo indicando o traço de 18,96% de brita 1, 30,34% de brita 3/4, 45,50% de pó de pedra e 5,20% de CAP 50/70, totalizando o 100% da mistura asfáltica.

Resultados esses obtidos através dos testes descritos acima, feitos em laboratório da solocap de Belo Horizonte, sendo feitos de acordo com a norma respectiva de cada teste, e após a

finalização dos mesmos, iniciou-se a fase de fabricação do material, que foi preparado em usina fixa na sede do Britador São Geraldo em Caratinga.

4.9 ENSAIO DE MANCHA DE AREIA

Apos a aplicação do material na via (Loteamento Cidade Jardim), foi feito o teste de mancha de areia. Descrito nas figuras 24, 25 e 26.

$$HS = 4V/D^2 \cdot 3,14 \quad (4.1)$$

$$HS = 4.25000/205^2 \cdot 3,14 \quad (4.2)$$

$$HS = 0,76mm \quad (4.3)$$

Onde o valor de HS (Altura média da mancha de areia), igual a 0,76 foi comparado com os valores de classes de macrotextura, regulamentado pela (ABPv, 1999), sendo classificado então a macrotextura desse pavimento como "MÉDIA".

Ao final, vimos que todos os testes, desde os feitos em laboratório pela solocap, que tem sede em belo horizonte e através do Britador São Geraldo nos forneceu os laudos dos testes ate mesmo a fase de classificação da textura do pavimento, afirma-se que todas as análises feitas através dos testes descritos, estão de acordo com sua normas regulamentadoras e dentro do valor aceitável de cada um, como descritos nesse mesmo capítulo.

5 CONCLUSÃO

Ao fim desse trabalho, pode-se notar a grande importância de um estudo eficaz e capaz de desenvolver principalmente a atualização das normas vigentes para o sistema rodoviário brasileiro, levando em conta a desatualização das normas que regulamentam esta área.

Apesar destas normas não terem as devidas atualizações que deveriam ser corriqueiras, visto que as necessidades que elas supriam na época que foram elaboradas, não correspondem por exemplo, ao mesmo volume do tráfego intenso se comparado nos dias de hoje. Ainda assim as mesmas são usadas normalmente para a fabricação das misturas asfálticas, utilizado hoje na aplicação em seus respectivos locais que são determinados pelo projetista.

Ao longo do trabalho, pode-se notar a importância de cada ensaio na fase de pré-produção do material, pois é na mesma que se escolhe o tipo e a qualidade de cada material que integra a mistura asfáltica.

Após a fase de escolha dos materiais, é feita a mistura dos mesmos em usina fixa, onde cada etapa desse serviço, deve ser feita de maneira correta, para que o material saia da máquina de usinagem com característica idêntica à prevista em projeto.

Lembrando que a fase de colocação do material no caminhão e o transporte até o seu local de aplicação, também terá grande influência na qualidade final do produto, pois o mesmo sendo mal conduzido, pode ocasionar a segregação da mistura antes mesmo de ser aplicada no local específico causando imperfeição do pavimento ou até mesmo no pior dos casos, o material se tornar impróprio para a aplicação. Por esse motivo é de grande importância o acompanhamento de profissionais capacitados nas fases descritas.

Como o objetivo desse trabalho foi o acompanhamento da fase de preparo da mistura e a análise da textura superficial do pavimento, pôde-se acompanhar todas as fases constituintes no processo de fabricação. Ressaltando que os ensaios e preparação da mistura foram feitos pela empresa especializada Solocap e a imprimação e execução do revestimento asfáltico pela empresa construtora Magalhães, onde teve-se a oportunidade de observar pontos específicos do serviço executado, como por exemplo a preparação feita através de normas regulamentadas de cada ensaio específico e a correta execução do serviço de aplicação do material na via, para que o resultado final seja o mais preciso possível.

Assim sendo, com relação a fase de preparação da mistura, obteve-se resultados satisfatórios, como foi observado nos laudos citados no capítulo de análises e resultados que podem ser encontrados também em anexo nesse mesmo trabalho.

Ensaio esses que foram executados conforme a sua norma regulamentadora, pois além de serem normalmente utilizados antes da mistura pelas empresas, todos exercem papel fundamental

na dosagem final do produto, pois através dos mesmos que defini-se por exemplo, o desgaste do agregado, peso dos materiais, tipo dos materiais(forma e tamanho), etc.Para que só assim pudesse ser utilizado o método de Marshall para a dosagem do CBUQ, que partiu dos resultados dos ensaios de Abrasão los Angeles, Adesividade, Composição granulométrica, determinação da densidade dos agregados, avaliação da durabilidade, determinação do índice de forma, sendo então definido a quantidade de cada material que compôs a mistura na momento da usinagem. Então entende-se que a primeira fase dok trabalho que terve como propósito o acompanhamento e estudo do modo de peparo da mistura

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] - ABPV PAVIMENTAÇÃO: Caracterização da resistência à fadiga de misturas asfálticas reforçadas com camadas nanométricas de silicatos. Florianópolis: Georgina Libório Azevedo - Abpv, v. 42, n. 11, 10 out. 2016. Trimestral.
- [2] - NAKAMURA, Juliana. Pavimentação asfáltica: Os tipos de revestimentos, o maquinário necessário e os cuidados na contratação, projeto e execução. 2011. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/16/pavimentacao-asfaltica-os-tipos-de-revestimentos-o-maquinario-necessario-260588-1.aspx>>. Acesso em: 26 set. 2016.
- [3] - MAZZONETTO, Caroline. **Asfalto-borracha**. 2011. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/11/asfalto-borracha-a-adicao-de-po-de-borracha-extraido-de-245173-1.aspx>>. Acesso em: 30 out. 2016.
- [4] - ANDRADE, Prof. Mário Henrique Furtado. **INTRODUÇÃO À PAVIMENTAÇÃO: INTRODUÇÃO À PAVIMENTAÇÃO**. Disponível em: <[http://www.dtt.ufpr.br/Pavimentacao/Notas/MODulo 1 - Introducao.pdf](http://www.dtt.ufpr.br/Pavimentacao/Notas/MODulo%201%20-%20Introducao.pdf)>. Acesso em: 01 out. 2016.
- [5] - BERNUCCI, Liedí Bariani; MOTTA, Laura Maria Goretti da; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação asfáltica: Formação básica para engenheiros**. 2008. 496 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Instituto Tecnológico de Caratinga, Rio de Janeiro, 2017. Cap. 1.
- [6] - GEIPOT – GRUPO EXECUTIVO DE INTEGRAÇÃO DA POLÍTICA DE TRANSPORTES. **Anuário estatístico dos transportes**. Ministério dos Transportes. 2001.
- [7] - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7207 1982: Terminologia e classificação de pavimentação. 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 1982. 3 p.
- [8] - ZAGONEL, Ana Regina. **INOVAÇÕES EM REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS UTILIZADOS NO BRASIL**. 2013. 115 f. TCC (Graduação) - Curso de Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí/rs, 2013. Disponível em: <[http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/123456789/INOVAÇÕES EM REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS UTILIZADOS NO BRASIL.pdf?sequence=1](http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/123456789/INOVAÇÕES%20EM%20REVESTIMENTOS%20ASFÁLTICOS%20UTILIZADOS%20NO%20BRASIL.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 25 fev. 2017.
- [9] - BALBO, José Tadeu. **Materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007, p. 36.
- [10] - BERNUCCI, Liedí Bariani; MOTTA, Laura Maria Goretti da; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação asfáltica: Formação básica para engenheiros**. 2008. 496 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Instituto Tecnológico de Caratinga, Rio de Janeiro, 2017. Cap. 3.

- [11] - SENÇO, Wlastermiller de. **Manual de técnicas de pavimentação**. 1.ed. São Paulo: Pini, 1997. v.1. 746p. il., p. 265
- [12] - BALBO, José Tadeu. **Materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- [13] - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7207: Agregado graúdo - Ensaio de abrasão “Los Angeles”. 1 ed. Rio de Janeiro, 2001. 6 p.
- [14] - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. DNER - ME: AGREGADO GRAÚDO-ADESIVIDADE A AGREGADO GRAUDO. 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 1994. 3 p.
- [15] - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. DNIT 031/2006 - ES: Pavimentos flexíveis - Concreto asfáltico - Especificação de serviço. 1 ed. Rio de Janeiro: Diretoria de Planejamento e Pesquisa, 2006. 14 p.
- [16] - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 52: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. 1 ed. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.
- [17] - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. DNE-ME 084/95: Agregado miúdo - Determinação da DENSIDADE REAL. 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 1995. 3 p.
- [18] - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. DNER ME - 089: AGREGADOS-AVALIAÇÃO DA DURABILIDADE PELO EMPREGO DE SOLUÇÕES DE SULFATO DE SÓDIO OU DE MAGNÉSIO. 2 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 1994. 6 p.
- [19] - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. DNER-ME 086/94: Agregado-determinação do índice de forma. 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 1994. 5 p.
- [20] - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. DNER-ME-043: Misturas betuminosas a quente - ensaio Marshall. 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 1995. 11 p.
- [21] - BERNUCCI, Liedi Bariani; MOTTA, Laura Maria Goretti da; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação asfáltica: Formação básica para engenheiros**. 2008. 496 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Instituto Tecnológico de Caratinga, Rio de Janeiro, 2017. Cap. 9.
- [22] - ASTM (1998) E 1960-98 - Prática padrão para o cálculo internacional Índice de fricção de uma superfície de pavimento. Sociedade American para Testes e Materiais. DOI: 10.1520 / E1960-98.
- [23] - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ASTM E 1960 – 07: Prática padrão para calcular o Índice Internacional de Fricção de uma Superfície de Pavimento. 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2007. 3 p.

ANEXO A - ENSAIO DE ABRASÃO LOS ANGELES - MÉTODO: ABNT NBR NM 51/2001

Figura 22: ENSAIO DE ABRASÃO LOS ANGELES

 <small>FOR-DI-AG-002-REV03-27-05-16</small>	ENSAIO DE ABRASÃO LOS ANGELES				DATA:	21/10/2016		
	Método: ABNT NBR NM 51/2001				RELATÓRIO N°:	677-16		
					O.S. N°:	797-BA8		
					REVISÃO N°:	0		
				FOLHA N°:	7/16			
CLIENTE: BRITADOR SÃO GERALDO LTDA			PROCEDÊNCIA: BRITADOR SÃO GERALDO					
OBRA: COMERCIALIZAÇÃO			MATERIAL: BRITA 3/4					
TRECHO: NÃO INFORMADO			OPERADOR: JULIANO					
SUB-TRECHO: NÃO INFORMADO			REGISTRO: 2570					
CONTROLE DE EXECUÇÃO DO ENSAIO (DATA E HORA)								
INÍCIO DO ENSAIO: 10/10/2016		h / min 11:00		FINAL DO ENSAIO: 13/10/2016		h / min 10:00		
CONTROLE DE EQUIPAMENTOS								
EQUIPAMENTO		BALANÇA	PENEIRAS (Poi/N°)					
N° / CÓDIGO		BAL 008	1"	3/4	1/2	3/8		
N° CERTIF. CALIBRAÇÃO		152703	PEN 012	PEN 052	PEN 085	PEN 030	-	
VALIDADE		13/04/17	0133/16	4DS33E16	4T4U5716	4LYQIV16	-	
			17/02/2017	04/04/2017	05/06/2017	12/04/2017	-	
TABELA DE GRADUAÇÃO DAS AMOSTRAS PARA ENSAIO								
PENEIRAS (Poi/N°)		ABNT (g)						
Pass.	Ret.	Grad. A	Grad. B	Grad. C	Grad. D	Grad. E	Grad. F	Grad. G
1.1/2"	1"	1250±25	-			2500±50		
1"	3/4"	1250±25	-			2500±50		
3/4"	1/2"	1250±10	2500±10			5000±50	5000±50	
1/2"	3/8"	1250±10	2500±10				5000±25	5000±25
3/8"	1/4"		-	2500±10				5000±25
1/4"	N°4		-	2500±10				
N°4	N°8		-		5000±10			
N°. de Esferas		12	11	8	6	12	12	12
N. Revoluções		500	500	500	500	1000	1000	1000
DETERMINAÇÕES DOS PESOS DAS FRAÇÕES PARA A GRADUAÇÃO DA AMOSTRA								
PENEIRAS (Poi/N°)			FRAÇÕES ANTES DO ENSAIO (g)					
Passante		Retida						
1.1/2"		1"						
1"		3/4"						
3/4"		1/2"		2504				
1/2"		3/8"		2502				
3/8"		1/4"						
1/4"		N° 4						
N° 4		N° 8						
Massa da amostra total seca (g)				5006				
Massa retida na Peneira N°. 12 (g)				3221				
RESULTADO DO ENSAIO								
GRADUAÇÃO		% DESGASTE ENCONTRADO			ESPECIFICADO			
" B "		35,7			< 55.... DNIT-ES 141/10			
					< 50.... DNIT-ES 031/06			
					< 30.... DNIT-ES 035/05			
OBSERVAÇÕES:								

Fonte: Solocap Tecnologia e Serviços

ANEXO B - ADESIVIDADE A LIGANTE BETUMINOSO - MÉTODO: DNER - ME 078/94

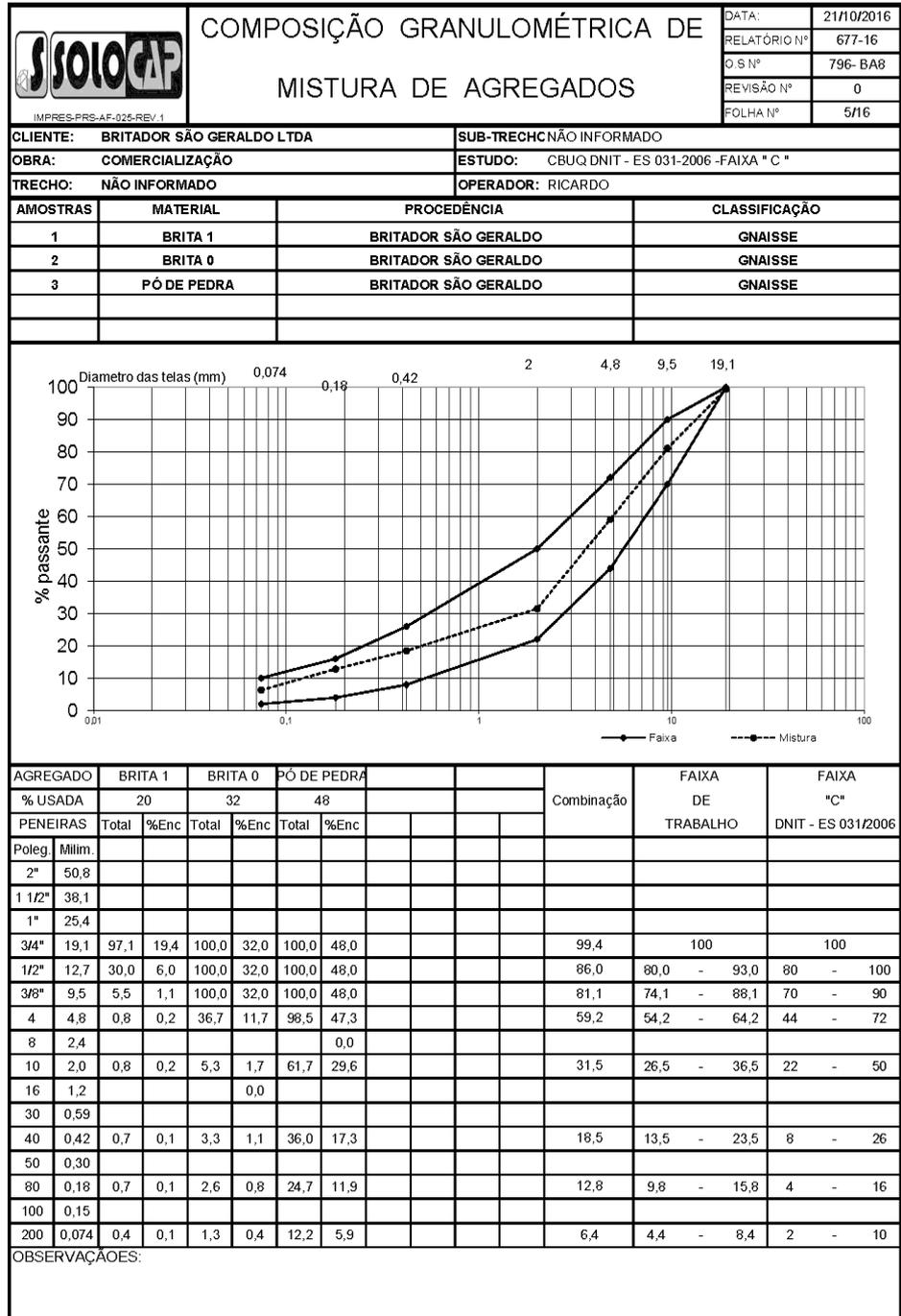
Figura 23: ADESIVIDADE A LIGANTE BETUMINOSO

 <small>FCR-DI-AG-005-REV/03-30-05-16</small>	ADESIVIDADE A LIGANTE BETUMINOSO			DATA:	21/10/2016	
	Método: DNER - ME 078/94			RELATÓRIO N.º	677-16	
				O.S. N.º	797-BA8	
				REVISÃO N.º	0	
			FOLHA N.º	8/16		
CLIENTE:	BRITADOR SÃO GERALDO LTDA		PROCEDÊNCIA:	BRITADOR SÃO GERALDO		
OBRA:	COMERCIALIZAÇÃO		MATERIAL:	BRITA 3/4		
TRECHO:	NÃO INFORMADO		OPERADOR:	JULIANO		
SUB-TRECHO:	NÃO INFORMADO		REGISTRO:	2570		
CONTROLE DE EXECUÇÃO DO ENSAIO (DATA E HORA)						
INÍCIO DO ENSAIO:	11/10/2016	h / min	8:30	FINAL DO ENSAIO:	14/10/2016 h / min 10:00	
CONTROLE DE EQUIPAMENTOS						
EQUIPAMENTO	BALANÇA	TERMÔMETRO	PENEIRA (mm)			
			19,0	12,7		
N.º / CÓDIGO	BAL 008	TER 005	PEN 012	PEN 052		
N.º CERTIF. CALIBRAÇÃO	152703	F158Z616	0133/16	4DS33E16		
VALIDADE	13/04/2017	01/05/2017	17/02/2017	04/04/2017		
DETERMINAÇÃO DOS PESOS DOS MATERIAIS						
PENEIRAS		Peso do agregado (g)	Peso do agregado + ligante (g)	Peso do ligante (g)	Ligante	% dop
Passante (mm)	Retida (mm)					
19,0	12,7	500	517,5	17,5	50-70	PURO
		500	517,5	17,5	50-70	0,04%
		500	517,5	17,5	50-70	0,08%
CONDIÇÕES DO ENSAIO						
ETAPAS	MATERIAIS	HORA		TEMPO TOTAL (h)	TEMPERATURA (°C)	
		INICIAL	FINAL			
AQUECIMENTO	LIGANTE	08:30	10:30	2 HORAS	120	
	AGREGADO	08:30	10:30	2 HORAS	100	
RESFRIAMENTO AMBIENTE	MISTURA	11:00	11:40	40 MINUTOS	25	
BANHO NA TEMPERATURA DO ENSAIO		11:50	15:00	72 HORAS	40	
RESULTADO DO ENSAIO						
LIGANTE	% DOP	ANÁLISE VISUAL (100%)		ESPECIFICADO		
50-70	0,08	SATISFATÓRIA		SATISFATÓRIA - não houve deslocamento de película betuminosa		
-	-	-		NÃO SATISFATÓRIA - Houve deslocamento de película betuminosa		
OBSERVAÇÕES:						

Fonte: Solcap Tecnologia e Serviços

ANEXO C - COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DE MISTURA DE AGREGADOS

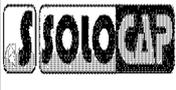
Figura 24: COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DE MISTURA DE AGREGADOS



Fonte: Solocap Tecnologia e Serviços

ANEXO D - DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE DOS AGREGADOS

Figura 25: DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE DOS AGREGADOS

 DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE DOS AGREGADOS					DATA: 21/10/2016 RELATORIO N.º: 677-16 O.S N.º: 796-BA8 REVISÃO N.º: 0 FOLHA N.º: 9/16			
IMPRES:FRS-AG-026-REV.1 CLIENTE: BRITADOR SÃO GERALDO LTDA				TRECHO: NÃO INFORMADO				
OBRA: COMERCIALIZAÇÃO				OPERADOR: RICARDO				
CONTROLE DE EXECUÇÃO DO ENSAIO (DATA E HORA)								
INÍCIO DO ENSAIO: 10/10/2016		h / min 15:00		FINAL DO ENSAIO: 10/10/2016		h / min 16:00		
AMOSTRA	REGISTRO	MATERIAL	PROCEDÊNCIA	DADOS		DETERMINAÇÕES		
						1ª	2ª	3ª
GNAISSE	2570	BRITA 1	BRITADOR SÃO GERALDO	recipiente	Nº	RC 02	RC 02	RC 02
				recipiente+agregado	gr	17036	17016	17026
				Recipiente	gr	5036	5036	5036
				agregado	gr	12000	11980	11990
				volume do recipiente	cm ³	7930	7930	7930
				Densidade	g/cm ³	1,513	1,511	1,512
MÉDIA				-		1,512		
AMOSTRA	REGISTRO	MATERIAL	PROCEDÊNCIA	DADOS		DETERMINAÇÕES		
						1ª	2ª	3ª
NAISS	2571	BRITA 0	BRITADOR SÃO GERALDO	recipiente	Nº	RC 02	RC 02	RC 02
				recipiente+agregado	gr	16766	16746	16781
				recipiente	gr	5036	5036	5036
				agregado	gr	11730	11710	11745
				volume do recipiente	cm ³	7930	7930	7930
				Densidade	g/cm ³	1,479	1,477	1,481
MÉDIA				-		1,479		
OBSERVAÇÕES:								

Fonte: Solocap Tecnologia e Serviços

Figura 26: DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE DOS AGREGADOS

SOLOCAP				DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE DOS AGREGADOS				DATA:	21/10/2016
IMPRES-FRS-AG-028-REV.1								RELATORIO	677-16
								O.S N°	796-BA8
								REVISÃO N°	0
								FOLHA N°	10/16
CLIENTE: BRITADOR SÃO GERALDO LTDA				TRECHO: NÃO INFORMADO					
OBRA: COMERCIALIZAÇÃO				OPERADOR: RICARDO					
CONTROLE DE EXECUÇÃO DO ENSAIO (DATA E HORA)									
INÍCIO DO ENSAIO: 10/10/2016			h / min 16:00		FINAL DO ENSAIO: 10/10/2016			h / min 16:20	
AMOSTRA	REGISTRO	MATERIAL	PROCEDÊNCIA	DADOS		DETERMINAÇÕES			
						1ª	2ª	3ª	
GNAISSE	2572	PO DE PEDRA	BRITADOR SÃO GERALDO	recipiente	Nº	RC 02	RC 02	RC 02	
				recipiente+agregado	gr	18366	18316	18346	
				Recipiente	gr	5036	5036	5036	
				agregado	gr	13330	13280	13310	
				volume do recipiente	cm ³	7930	7930	7930	
				Densidade	g/cm ³	1,681	1,675	1,678	
MÉDIA				-		1,678			
AMOSTRA	REGISTRO	MATERIAL	PROCEDÊNCIA	DADOS		DETERMINAÇÕES			
						1ª	2ª	3ª	
-	-	-	-	recipiente	Nº	-	-	-	
				recipiente+agregado	gr	-	-	-	
				recipiente	gr	-	-	-	
				agregado	gr	-	-	-	
				volume do recipiente	cm ³	-	-	-	
				Densidade	g/cm ³	-	-	-	
MÉDIA				-		-			
OBSERVAÇÕES:									

Fonte: Solocap Tecnologia e Serviços

ANEXO E - DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE REAL

Figura 27: DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE REAL

 <small>IMPRES-PRS-AG-004-REV 3</small>	DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE REAL			DATA:	21/10/2016
				RELATÓRIO N°	677-16
				O.S N°	798-BAB
				REVISÃO N°	0
				FOLHA N°	11/16
Instrução de Trabalho n° 35					
CLIENTE:	BRITADOR SÃO GERALDO LTDA		PROCEDÊNCIA:	BRITADOR SÃO GERALDO	
OBRA:	COMERCIALIZAÇÃO		MATERIAL:	BRITA 3/4	
TRECHO:	NÃO INORMADO		REGISTRO:	2570	
SUB-TRECHO:	NÃO INORMADO		OPERADOR:	RICARDO	
CONTROLE DE EXECUÇÃO DO ENSAIO (DATA E HORA)					
INÍCIO DO ENSAIO:	10/10/2016	h / min	9:40	FINAL DO ENSAIO:	10/10/2016 h / min 10:00
CONTROLE DE EQUIPAMENTOS					
EQUIPAMENTO	BALANÇA	PICNÔMETROS		TERMÔMETRO	
N°/CÓDIGO	BAL 0526	PIC 004	PIC 003	TER 002	
N° CERTIF. CALIBRAÇÃO	152701	10K79216	8HE65V16	15278915	
VALIDADE	13/04/2017	20/03/2017	20/03/2017	20/03/2017	
1	Picnômetro	Nº	004	003	
2	Picnômetro + água	gr	669,09	662,17	
3	Picnômetro + 1/4 d'água	gr	433,05	377,12	
4	Picnômetro + 1/4 d'água + Amostra	gr	533,33	499,50	
5	Picnômetro + água + Amostra	gr	734,68	741,89	
6	Amostra	gr	100,28	122,38	
7	Volume	cm ³	34,69	42,66	
8	Densidade Encontrada	g/cm ³	2,891	2,869	
9	Temperatura	T°C	24,00	24,00	
10	Correção	K	0,9976	0,9976	
11	Densidade corrigida	g/cm ³	2,884	2,862	
Média		-	2,873		
TABELA DE DENSIDADE RELATIVA DA ÁGUA PARA CORREÇÃO DA TEMPERATURA DO ENSAIO					
TEMPERATURA °C	DENSIDADE RELATIVA	TEMPERATURA °C	DENSIDADE RELATIVA	TEMPERATURA °C	DENSIDADE RELATIVA
10	0,9997	20	0,9984	30	0,9960
11	0,9996	21	0,9982	31	0,9957
12	0,9995	22	0,9980	32	0,9954
13	0,9994	23	0,9978	33	0,9950
14	0,9993	24	0,9976	34	0,9947
15	0,9992	25	0,9973	35	0,9944
16	0,9991	26	0,9971	36	0,9941
17	0,9990	27	0,9968	37	0,9938
18	0,9988	28	0,9965	38	0,9935
19	0,9986	29	0,9963	39	0,9932

Fonte: Solocap Tecnologia e Serviços

Figura 28: DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE REAL

SOLCAP		DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE REAL				DATA:	21/10/2016
IMPRES-PRS-AG-004-REV.3		Instrução de Trabalho nº 35				RELATORIO	677-16
						O.S N°	796-BA8
						REVISÃO N°	0
						FOLHA N°	12/16
CLIENTE:		BRITADOR SÃO GERALDO LTDA		PROCEDÊNCIA:		BRITADOR SÃO GERALDO	
OBRA:		COMERCIALIZAÇÃO		MATERIAL:		BRITA 0	
TRECHO:		NÃO INORMADO		REGISTRO:		2571	
SUB-TRECHO:		NÃO INORMADO		OPERADOR:		RICARDO	
CONTROLE DE EXECUÇÃO DO ENSAIO (DATA E HORA)							
INÍCIO DO ENSAIO:		10/10/2016	h / min	10:05	FINAL DO ENSAIO:		10/10/2016 h / min 10:20
CONTROLE DE EQUIPAMENTOS							
EQUIPAMENTO		BALANÇA	PICNÔMETROS		TERMÔMETRO		
N°/CÓDIGO		BAL 0526	PIC 004	PIC 003	TER 002		
N° CERTIF. CALIBRAÇÃO		152701	10K79216	8HE65V16	15278915		
VALIDADE		13/04/2017	20/03/2017	20/03/2017	20/03/2017		
1	Picnômetro	Nº	003	004			
2	Picnômetro + água	gr	662,17	669,09			
3	Picnômetro + 1/4 d'água	gr	378,93	375,11			
4	Picnômetro + 1/4 d'água + Amostra	gr	492,04	474,60			
5	Picnômetro + água + Amostra	gr	735,77	733,84			
6	Amostra	gr	113,11	99,49			
7	Volume	cm ³	39,51	34,74			
8	Densidade Encontrada	g/cm ³	2,863	2,864			
9	Temperatura	T°C	24,00	24,00			
10	Correção	K	0,9976	0,9976			
11	Densidade corrigida	g/cm ³	2,856	2,857			
Média		-	2,856				
TABELA DE DENSIDADE RELATIVA DA ÁGUA PARA CORREÇÃO DA TEMPERATURA DO ENSAIO							
TEMPERATURA °C	DENSIDADE RELATIVA	TEMPERATURA °C	DENSIDADE RELATIVA	TEMPERATURA °C	DENSIDADE RELATIVA	TEMPERATURA °C	DENSIDADE RELATIVA
10	0,9997	20	0,9984	30	0,9960		
11	0,9996	21	0,9982	31	0,9957		
12	0,9995	22	0,9980	32	0,9954		
13	0,9994	23	0,9978	33	0,9950		
14	0,9993	24	0,9976	34	0,9947		
15	0,9992	25	0,9973	35	0,9944		
16	0,9991	26	0,9971	36	0,9941		
17	0,9990	27	0,9968	37	0,9938		
18	0,9988	28	0,9965	38	0,9935		
19	0,9986	29	0,9963	39	0,9932		

Fonte: Solocap Tecnologia e Serviços

Figura 29: DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE REAL

		DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE REAL			DATA:	21/10/2016
IMPRES-PRS-AG-004-REV.3		Instrução de Trabalho nº 35			RELATÓRIO Nº:	677-16
					OS Nº:	796-BA8
					REVISÃO Nº:	0
					FOLHA Nº:	13/16
CLIENTE: BRITADOR SÃO GERALDO LTDA			PROCEDÊNCIA: BRITADOR SÃO GERALDO			
OBRA: COMERCIALIZAÇÃO			MATERIAL: PÓP DE PEDRA			
TRECHO: NÃO INORMADO			REGISTRO: 2572			
SUB-TRECHO: NÃO INORMADO			OPERADOR: RICARDO			
CONTROLE DE EXECUÇÃO DO ENSAIO (DATA E HORA)						
INÍCIO DO ENSAIO: 10/10/2016		h / min 10:21		FINAL DO ENSAIO: 10/10/2016		
				h / min 10:40		
CONTROLE DE EQUIPAMENTOS						
EQUIPAMENTO		BALANÇA	PICNÔMETROS		TERMÔMETRO	
Nº/CÓDIGO		BAL0526	PIC 004	PIC 003	TER 002	
Nº CERTIF. CALIBRAÇÃO		152701	10K79216	8HE65V16	15278915	
VALIDADE		13/04/2017	20/03/2017	20/03/2017	20/03/2017	
1	Picnômetro	Nº	003	004		
2	Picnômetro + água	gr	662,17	669,09		
3	Picnômetro + 1/4 d'água	gr	330,56	409,14		
4	Picnômetro + 1/4 d'água + Amostra	gr	448,90	549,67		
5	Picnômetro + água + Amostra	gr	738,92	760,30		
6	Amostra	gr	118,34	140,53		
7	Volume	cm ³	41,59	49,32		
8	Densidade Encontrada	g/cm ³	2,845	2,849		
9	Temperatura	T°C	24,00	24,00		
10	Correção	K	0,9976	0,9976		
11	Densidade corrigida	g/cm ³	2,839	2,843		
Média		-	2,841			
TABELA DE DENSIDADE RELATIVA DA ÁGUA PARA CORREÇÃO DA TEMPERATURA DO ENSAIO						
TEMPETATURA °C	DENSIDADE RELATIVA	TEMPETATURA °C	DENSIDADE RELATIVA	TEMPETATURA °C	DENSIDADE RELATIVA	
10	0,9997	20	0,9984	30	0,9960	
11	0,9996	21	0,9982	31	0,9957	
12	0,9995	22	0,9980	32	0,9954	
13	0,9994	23	0,9978	33	0,9950	
14	0,9993	24	0,9976	34	0,9947	
15	0,9992	25	0,9973	35	0,9944	
16	0,9991	26	0,9971	36	0,9941	
17	0,9990	27	0,9968	37	0,9938	
18	0,9988	28	0,9965	38	0,9935	
19	0,9986	29	0,9963	39	0,9932	

Fonte: Solocap Tecnologia e Serviços

**ANEXO F - AVALIAÇÃO DA DURABILIDADE PELO EMPREGO DE SOLUÇÃO DE
SULFATO DE SÓDIO OU DE MAGNÉSIO**

Figura 30: AVALIAÇÃO DA DURABILIDADE PELO EMPREGO DE SOLUÇÃO DE SULFATO DE SÓDIO OU DE MAGNÉSIO

		AVALIAÇÃO DA DURABILIDADE PELO EMPREGO DE SOLUÇÃO DE SULFATO DE SÓDIO OU DE MAGNÉSIO Método: DNER ME - 089				DATA:		21/10/2016									
						RELATÓRIO Nº:		677-16									
						O.S. Nº:		797-BA8									
						REVISÃO Nº:		0									
FOLHA Nº:		14/16		FOR-DI-AG-003-REV03-23-05-16													
CLIENTE:		BRITADOR SÃO GERALDO LTDA		PROCEDÊNCIA:		BRITADOR SÃO GERALDO											
OBRA:		COMERCIALIZAÇÃO		MATERIAL:		BRITA 3/4											
TRECHO:		NÃO INFORMADO		OPERADOR:		JULIANO											
SUB-TRECHO:		NÃO INFORMADO		REGISTRO:		2570											
CONTROLE DE EXECUÇÃO DO ENSAIO (DATA E HORA)																	
INÍCIO DO ENSAIO:				10/10/2016		h / min		10:30		FINAL DO ENSAIO:		18/10/2016		h / min		14:20	
CONTROLE DE EQUIPAMENTOS						TABELA DE PESO POR FRAÇÕES (mm)											
						Comp. Granulométrica			Frações para ensaio								
N (mm)	Pol/Nº	CÓDIGO	Nº CERTIF.	VALIDADE	Passando	Retido	1ª	2ª	3ª	4ª							
63,5	2 1/2"				63,5	50,0	1500										
50,0	2"				50,0	37,5	1500										
37,5	1 1/2"				37,5	25,0		1005									
25,0	1"				25,0	19,0		495									
19,0	3/4"	PEN 012	0133/16	17/02/2017	19,0	12,7				670							
12,7	1/2"	PEN 052	4DS33E16	04/04/2017	12,7	9,5				330							
9,5	3/8"	PEN 085	4T4U5716	05/06/2017	9,5	4,8				300							
4,8	3/16"	PEN 024	K8YFZ416	04/04/2017	TOTAL					3000	1500	1000	300				
PROVETA 1000mL	PRO 001	3ESV6216	20/06/2017														
BALANÇA	BAL 008	152703	13/04/2017														
DETERMINAÇÕES DOS PESOS DAS FRAÇÕES PARA ENSAIO																	
PENEIRAS (mm)		PESOS (g)		Nº DE GRÃOS		% Retida	Peso inicial (g)	Peso final (g)	% Desgaste								
Passante	Retida	Ensaçados	Antes	Depois	individual				corrigida								
63,5	38		-	-	0,0	-	-	-	-								
37,5	19		-	-	0,0	-	-	-	-								
19	9,5	1000	-	-	76,9	1000	995,4	0,46	0,35								
9,5	4,8	300	-	-	23,1	300	296,4	1,20	0,28								
RESULTADO DO ENSAIO																	
SOLUÇÃO EMPREGADA		% DESGASTE ENCONTRADO				ESPECIFICADO											
SULFATO DE MAGNÉSIO		0,63				Sulfato Magnésio		≤ 12,0 %									
						Sulfato Sódio		≤ 12,0 %									
Análise Qualitativa:		1 ESMAGAMENTO		4 QUEBRA OU LAMINAGEM		2 DESINTEGRAÇÃO		5 SEM ALTERAÇÃO		3 FENDILHAMENTO							
PROGRAMAÇÃO DOS CICLOS E ANÁLISE QUALITATIVA																	
DATA	MERÇÃO BANHO SOLUÇÃO		TOTAL HORAS	SECAGEM EM ESTUFA		TOTAL HORAS	ANÁLISE QUALITATIVA										
	INÍCIO	FINAL		INÍCIO	FINAL												
10/10/2016	17:00	10:00	17 HORAS	10:15	14:15	4 HORAS	2										
11/10/2016	17:00	10:00	17 HORAS	10:15	14:15	4 HORAS	2										
13/10/2016	17:00	10:00	17 HORAS	10:15	14:15	4 HORAS	2										
14/10/2016	17:00	10:00	17 HORAS	10:15	14:15	4 HORAS	2										
17/10/2016	17:00	10:00	17 HORAS	10:15	14:15	4 HORAS	2										
DENSIDADE DA SOLUÇÃO																	
proveta nº	PRO 001	volume da proveta (mL)	1000	peso da solução (g)	1296,5												
peso da proveta (g)	376	peso proveta+ solução (g)	1672,5	densidade da solução (g/cm³)	1,297												
OBSERVAÇÕES:																	

Fonte: Solocap Tecnologia e Serviços

ANEXO G - DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE FORMA PELO CRIVO REDUTOR - MÉTODO: DNER ME 086/94

Figura 31: DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE FORMA PELO CRIVO REDUTOR

 <small>FOR-DI-AG-004-REV/03-24-05-16</small>	DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE FORMA PELO CRIVO REDUTOR				DATA:	21/10/2016	
	Método: DNER ME 086/94				RELATÓRIO N.º	677-16	
					O.S. N.º	797-BA8	
					REVISÃO N.º	0	
				FOLHA N.º	15/16		
CLIENTE: BRITADOR SÃO GERALDO LTDA		PROCEDÊNCIA: BRITADOR SÃO GERALDO					
OBRA: COMERCIALIZAÇÃO		MATERIAL: BRITA 3/4					
TRECHO: NÃO INFORMADO		REGISTRO: 2570					
SUB-TRECHO: NÃO INFORMADO		OPERADOR: JULIANO					
CONTROLE DE EXECUÇÃO DO ENSAIO (DATA E HORA)							
INÍCIO DO ENSAIO: 14/10/2016		h / min 8:30		FINAL DO ENSAIO: 14/10/2016		h / min 9:24	
CONTROLE DE EQUIPAMENTOS							
EQUIPAMENTO		BALANÇA	CRIVO CIRCULAR			CRIVO REDUTOR	
N.º / CÓDIGO		BAL 001	CRI 06	CRI 07	CRI 08	-	
N.º CERTIF. CALIBRAÇÃO		155976	0412/2016	0413/2016	0414/2016	-	
VALIDADE		30/06/2017	27/04/2017	26/04/2017	26/04/2017	-	
TABELA DE PESO POR GRADUAÇÃO DAS AMOSTRAS PARA ENSAIO							
Crivo Circular (mm)		Crivo Redutor (mm)		PESO / GRADUAÇÃO (g)			
PASS.	RET.	PASS.	RET.	A	B	C	D
76,0	63,5	38,0	25,0	3000			
63,5	50,0	32,0	21,0	3000			
50,0	38,0	25,0	17,0	3000			
38,0	32,0	19,0	12,7	3000			
32,0	25,0	16,0	10,5		2000		
25,0	19,0	12,7	8,5		2000		
19,0	16,0	9,5	6,3		2000	2000	
16,0	12,7	8,0	5,3			2000	
12,7	9,5	6,3	4,2			2000	1000
9,5	6,3	4,8	3,2				1000
DETERMINAÇÕES DOS PESOS DAS GRADUAÇÕES PARA ENSAIO							
Crivo Circular (mm)				Peso das graduações antes do ensaio (g)			
PASSANTE		RETIDA					
25		19		2000,0			
19		16		2000,0			
DETERMINAÇÕES DOS PESOS DAS FRAÇÕES DOS CRIVOS REDUTOR							
Crivo Redutor I				Crivo Redutor II			
Crivo Redutor (mm)	Peso Retido (g)	% Retida	P1 (%)	Crivo Redutor (mm)	Peso Retido (g)	% Retida	P2 (%)
12,7	1449	72,5	141,0	8,5	507	25,4	38,2
19	1371	68,6		6,3	256	12,8	
RESULTADO DO ENSAIO							
GRADUAÇÃO		ÍNDICE DE FORMA		ESPECIFICADO			
" B "		0,80		> 0.50			
Observações:				IF = Índice de Forma			
IF = $\frac{P1 + \frac{1}{2} P3}{100 n}$				P1 = Soma das porcentagens retidas no Crivo I			
				P2 = Soma das porcentagens retidas no Crivo II			
				n = Número de frações que compõem a graduação escolhida			

Fonte: Solcap Tecnologia e Serviços

Figura 32: DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE FORMA PELO CRIVO REDUTOR

		DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE FORMA PELO CRIVO REDUTOR Método: DNER ME 086/94				DATA:	21/10/2016	
						RELATÓRIO Nº	677-16	
						O.S. Nº	797-16	
						REVISÃO Nº	0	
FCR-DI-AG-004-REV03-24-05-16				FOLHA Nº		16/16		
CLIENTE: BRITADOR SÃO GERALDO LTDA		PROCEDÊNCIA: BRITADOR SÃO GERALDO						
OBRA: COMERCIALIZAÇÃO		MATERIAL: BRITA 0						
TRECHO: NÃO INFORMADO		REGISTRO: 2571						
SUB-TRECHO: NÃO INFORMADO		OPERADOR: JULIANO						
CONTROLE DE EXECUÇÃO DO ENSAIO (DATA E HORA)								
INÍCIO DO ENSAIO: 14/10/2016		h / min 11:15		FINAL DO ENSAIO: 14/10/2016		h / min 14:38		
CONTROLE DE EQUIPAMENTOS								
EQUIPAMENTO		BALANÇA		CRIVO CIRCULAR		CRIVO REDUTOR		
Nº / CÓDIGO		BAL 001		CRI 10 CRI 11 - -		CRR 015		
Nº CERTIF. CALIBRAÇÃO		156976		0416/2016 0417/2016 - -		11714/16		
VALIDADE		30/06/2017		26/04/2017 27/04/2017 - -		01/06/2017		
TABELA DE PESO POR GRADUAÇÃO DAS AMOSTRAS PARA ENSAIO								
Crivo Circular (mm)		Crivo Redutor (mm)		PESO / GRADUAÇÃO (g)				
PASS.	RET.	PASS.	RET.	A	B	C	D	
76,0	63,5	38,0	25,0	3000				
63,5	50,0	32,0	21,0	3000				
50,0	38,0	25,0	17,0	3000				
38,0	32,0	19,0	12,7	3000				
32,0	25,0	16,0	10,5		2000			
25,0	19,0	12,7	8,5		2000			
19,0	16,0	9,5	6,3		2000	2000		
16,0	12,7	8,0	5,3			2000		
12,7	9,5	6,3	4,2			2000	1000	
9,5	6,3	4,8	3,2				1000	
DETERMINAÇÕES DOS PESOS DAS GRADUAÇÕES PARA ENSAIO								
Crivo Circular (mm)				Peso das graduações antes do ensaio (g)				
PASSANTE		RETIDA						
4,8		3,2		1000,0				
DETERMINAÇÕES DOS PESOS DAS FRAÇÕES DOS CRIVOS REDUTOR								
Crivo Redutor I				Crivo Redutor II				
Crivo Redutor (mm)	Peso Retido (g)	% Retida	P1 (%)	Crivo Redutor (mm)	Peso Retido (g)	% Retida	P2 (%)	
4,8	396	39,6	39,6	3,2	430	43,0	43,0	
RESULTADO DO ENSAIO								
GRADUAÇÃO		ÍNDICE DE FORMA		ESPECIFICADO				
" B "		0,61		> 0.50				
Observações: $IF = \frac{P1 + \frac{1}{2} P3}{100 n}$								
IF = Índice de Forma P1 = Soma das porcentagens retidas no Crivo I P2 = Soma das porcentagens retidas no Crivo II n = Número de frações que compõem a graduação escolhida								

Fonte: Solocap Tecnologia e Serviços

