

COMPARAÇÃO DO ASFALTO BORRACHA COM O ASFALTO CONVENCIONAL

Joselaine Miriam Reis Oliveira¹
Sabrina Karoline Dutra Santos¹
Rafael Magdalena²
Universidade São Francisco
enghariausf.civil@gmail.com

¹Alunas do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Bragança Paulista

²Professor Orientador Rafael Magdalena, Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Bragança Paulista.

Resumo

Este estudo bibliográfico e exploratório tem por objetivo apresentar, como a reutilização de pneus na fabricação do asfalto pode melhorar não só a economia, mas também apresentar uma maior maleabilidade, durabilidade e resistência. Entre seus objetivos específicos estão: a comparação da utilização do pó de borracha na massa asfáltica convencional, comparando a maleabilidade, durabilidade e resistência. O artigo a ser apresentado, pode ser classificado como pesquisa exploratória e prática. Inicialmente, a pesquisa tem como objetivo aprofundar os conceitos relacionados ao tema abordado e encontrar as principais publicações sobre o assunto. A pesquisa buscou materiais sobre pavimentação asfáltica de borracha já publicados para que possam ser realizadas análises comparativas. A inclusão de pó de borracha na massa asfáltica traz benefício ambiental, pois destina este resíduo para outra utilização, além de trazer benefício financeiros com o aumento da elasticidade e durabilidade da massa asfáltica.

Palavras-chave: Asfalto, borracha, pavimentação, pneus, reciclagem.

Abstract.

This bibliographical and exploratory study aims to show how the reuse of tires in asphalt manufacturing can improve not only economy, but also show greater malleability, durability and resistance. Among its specific objectives are: the comparison of the use of rubber powder in conventional asphalt mix, comparing its malleability, durability and resistance. The article to be presented can be classified as exploratory and practical research. Initially, the research aims to deepen the concepts related to the topic addressed and find the main publications on the subject. The research sought materials on rubber asphalt paving already published so that comparative analysis can be carried out. The inclusion of rubber powder in the asphalt mix brings environmental benefits, as this residue is destined for another use, in addition to bringing financial benefits with increased elasticity and durability of the asphalt mix

Key words: Asphalt, rubber, paving, tires, recycling.

Introdução

De acordo com a análise da Confederação Nacional do Transporte, concluiu-se que a grande maioria da pavimentação do Brasil possui baixo conforto no quesito rolamento,

incluindo muitos trechos concessionados das rodovias federais. Atualmente o valor gasto para manutenção de rodovias federais por ano é em torno de 1 a 2 bilhões de reais. Presume-se que seriam necessários aproximadamente R\$10 bilhões para recuperação de toda a rede pavimentada nas rodovias. Com a crescente demanda nas rodovias brasileiras surge a necessidade de um asfalto melhor e no atual cenário também surge a necessidade ser cada vez mais sustentável, buscando assim, soluções para reduzir os problemas ambientais e aumentar a vida útil da pavimentação.

O presente estudo pode ser compreendido como um levantamento de informações e posterior análise, para algumas reflexões realizadas acerca da utilização de pneus usados como fonte de utilização para novas técnicas de massa asfáltica aplicadas em estradas, ruas ou avenidas.

1 - Levantamento Bibliográfico

1.1 – Histórico da pavimentação no Brasil

Segundo fontes históricas, uma das primeiras estradas conhecidas no Brasil, está o caminho aberto para ligar São Vicente ao Planalto Piratininga, por volta de 1560, que era de terra batida. Em 1661, a Capitania de São Vicente recuperou esse caminho, surgindo a denominada Estrada do Mar (ou Caminho do Mar), possibilitando a passagem de carroças e charretes. Em 1789, a estrada foi recuperada, sendo a pavimentação, no trecho da serra, feita com lajes de granito, a chamada Calçada de Lorena, que existe ainda hoje. (PREGO,2001)

De uma forma geral, a pavimentação das outras estradas brasileiras era precária, praticamente inexistente, obrigando assim, por muitos anos a utilização da navegação como meio de ligação entre as cidades brasileiras litorâneas.

Em 1841 no império de D. Pedro II iniciou-se a construção de uma estrada ligando o Porto da Estrela, no Rio de Janeiro a cidade de Petrópolis, abrindo assim a Estrada Normal da Serra da Estrela, que até hoje existe. (PREGO, 2001).

Em 1896 foi importado da Europa para o Brasil o primeiro veículo de carga e já em 1903 chegaram os primeiros carros particulares, que explodiam em quantidade nas décadas seguintes, exigindo assim, a construção de novas ruas, avenidas e estradas. Em 1906 foi criado o Ministério da Viação e Obras Públicas e em 1916 foi realizado o Primeiro Congresso Nacional de Estradas de Rodagem no Rio de Janeiro. Aumentava desta forma, importância da construção de vias públicas e sua pavimentação (BERNUCCI et al., 2006).

Durante seu mandato (1926 a 1930), o presidente Washington Luiz, afirmou que "governar é abrir estradas", crescendo assim, uma grande preocupação com a rede viária no Brasil, tanto dentro como fora das cidades. Em 1928 foi inaugurada pelo presidente Washington Luiz a Rodovia Rio-São Paulo com 506km de extensão, e que era a primeira rodovia totalmente asfaltada no Brasil Na década de 50 foi inaugurada uma das primeiras rodovias nacionais modernas, a antiga BR2 que passou a ser chamada de Presidente Dutra. (BERNUCCI et al., 2006).

De acordo com Prego (2001), o grande impulso na construção rodoviária brasileira, e também para a pavimentação urbana brasileira, ocorreu nas décadas de 1940 e 1950, com o estabelecimento do Fundo Rodoviário Nacional (FRN) em 1946, vindo do Imposto sobre Combustíveis Líquidos. Com a fundação da Petrobras em 1953, possibilitou praticamente a autossuficiência nacional da produção de elementos asfálticos, assegurando o suprimento deste elemento em todas as regiões brasileiras.

Em 1955 entrou em funcionamento a Fábrica de Asfalto da Refinaria Presidente Bernardes da Petrobras, em São Paulo, produzindo 116.000t/ano, atendendo um consumo cada vez maior de asfalto e barateando os custos de sua aplicação tanto na pavimentação

rodoviária quanto urbana. Com a implantação da indústria automobilística no Brasil em 1956, durante o governo de Juscelino Kubitschek (1956-1961) aumentou extraordinariamente a venda de automóveis, utilitários e caminhões que ganhavam as cidades exigindo que a malha viária urbana nacional fosse triplicada e que as vias existentes fossem modernizadas com manta asfáltica, para suportar o tráfego crescente.

De acordo com BERNUCCI et al., 2006 o Brasil possui um grande atraso nos investimentos na área de infraestrutura, em especial na pavimentação. Para se ter uma base no ano de 1998 os Estados Unidos consumiram 27 milhões de asfalto por ano, já ultrapassando 33 milhões em 2005, enquanto no Brasil só em 2006 foi ultrapassar o consumo dos E.U. A no ano de 1998, lembrando que os dois países possuem área semelhantes.

1.2 – Definição

1.2.1 – Asfalto quente

O concreto asfáltico (CA), também conhecido como concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) é uma mistura densa, composta de agregado graúdo, agregado miúdo, fíler e material betuminoso. Seu controle tecnológico, no que se trata de granulometria, teor de betume, estabilidade, vazios, temperatura e equipamentos são bem rigorosos. Ele pode ser convencional, com CAP e agregados, ou então ter o ligante asfáltico modificado por polímero, asfalto-borracha ou ainda misturas de módulo elevado.

2 – Processos de pavimentação

Segundo SENÇO (1997), em obras de engenharia como construções de rodovias, aeroportos, ruas, etc... A superestrutura é constituída por um sistema de camadas de espessuras finitas, assente sobre o terreno de fundação, considerado como semi-espaço infinito e designado como sub-leito.

Para BALBO (2007), A pavimentação possui em sua estrutura varias camadas, que são construídas após a terraplenagem no local acima do subleito e variam de acordo com as necessidades de tráfego do local. Toda a estrutura do pavimento está acima do sub leito, que funciona como a base do sistema, que absorverá os esforços da superfície do pavimento.

2.1 – Regularização do subleito

Operação destinada a conformar o leito estradal, transversal e longitudinalmente, obedecendo às larguras e cotas constantes das notas de serviço de regularização de terraplenagem do projeto, compreendendo cortes ou aterros até 20 cm de espessura (Manual de pavimentação. 3. ed. Rio de Janeiro, 2006.).

2.2 – Reforços do subleito

De acordo com o Manual de Pavimentação (DENIT,2006) é a camada do pavimento constituída de solo escolhido proveniente de áreas de jazidas ou empréstimos, executada sobre o subleito, com intuito de melhorar a capacidade estrutural do pavimento. Apresenta estabilidade e durabilidade quando adequadamente compactada.

2.3 – Sub-base

É a camada do pavimento situada abaixo da camada de base. Segundo a regra geral, com exceção dos pavimentos de estrutura invertida, o material constituinte da sub-base deverá ter

características tecnológicas superiores às do material de reforço de subleito (BALBO, 2007). Essa camada pode ser constituída de solos, produtos de britagem ou a mistura deles a fim de obter a estabilidade necessária para cumprir as determinações de projeto.

2.4 – Base

É a camada mais importante da estrutura do pavimento, pois fica localizada logo abaixo da camada de revestimento do pavimento que podem ser: rígido, semirrígido ou flexível, sendo responsável em dissipar as cargas para as próximas camadas, reduzindo sua intensidade. Camadas subjacentes. O pavimento pode ser constituído apenas por camada de base e de revestimento dependendo de sua aplicação podendo ou não ser complementada pela sub-base e pelo reforço do subleito (SENÇO, 2007).

2.5 – Revestimento

Segundo Senço (2001) revestimento é a camada destinada a resistir ao desgaste imposto pela ação do tráfego. É a camada mais nobre do pavimento, devendo sua execução ser procedida de detalhados ensaios de dosagem e acompanhada por rigorosos ensaios de controle. Bernucci et al., (2006) Acrescenta que:

“[...] essa camada deve ser tanto quanto impermeável e resistente aos esforços de contato pneu-pavimento em movimento, que são variados conforme a carga e a velocidade dos veículos”.

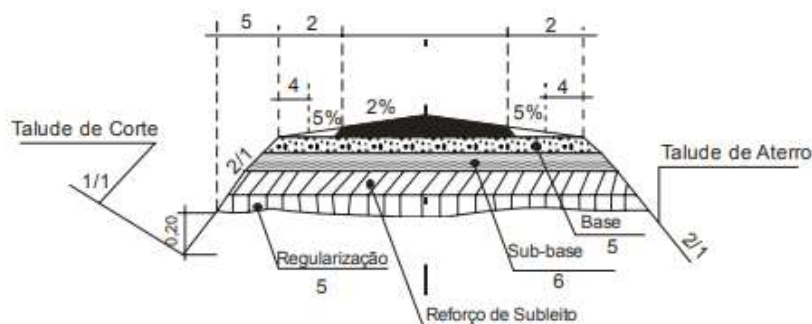


Figura 01 – Esquema de seção transversal do pavimento (Fonte: Manual de pavimentação - DNIT).

2.6 – Pinturas de ligação

Segundo definição do DNIT na norma 145/2012 - ES, pintura de ligação consiste na aplicação de ligante asfáltico do tipo RR-1C sobre superfície de base ou revestimento asfáltico anteriormente à execução de uma camada asfáltica, objetivando promover condições de aderência entre esta e o revestimento a ser executado. Na norma citada anteriormente também são descritas as diretrizes para a realização do processo da pintura de ligação, inclusive os equipamentos necessários

2.7 – Imprimação

Segundo definição do DNIT na norma 144/2014 – ES, imprimação consiste na aplicação de asfalto diluído do tipo CM-30 ou emulsão asfáltica do tipo EAI sobre superfície da base concluída, antes da execução da camada asfáltica, objetivando conferir coesão superficial, impermeabilização e permitir condições de aderência entre esta e o revestimento a ser executado. Na norma citada anteriormente também são descritas as diretrizes para a realização do processo de imprimação, inclusive os equipamentos necessários.

2.8 – Fresagem

A fresagem é utilizada somente quando há um pavimento pré-existente deteriorado e se faz necessário à substituição para construção de uma nova camada ou de um pavimento novo. Segundo definição do DNIT na norma 159/2011-ES, é a operação em que é realizado o corte ou desbaste de uma ou mais camada(s) do pavimento asfáltico, por processo mecânico a frio. Na norma citada anteriormente também são descritas as diretrizes para a realização do processo de fresagem a frio, inclusive os equipamentos necessários.

3 – Pó de borracha

3.1 – Como são produzido o pó de borracha

A logística reversa, ou seja, o recolhimento de pneus inservíveis e a destinação correta entidade que reúne os maiores fabricantes de pneumáticos do Brasil. A prática da logística reversa é obrigatória em razão da Resolução CONAMA Nº 416/2009. Por isso, é importante que os proprietários sempre deixem os pneus velhos em pontos que recebam esse tipo de material, como lojas especializadas.

Os pneus inservíveis são coletados e levados para as empresas de reciclagem. Seleciona-se o material nobre do pneu para produção do asfalto-borracha. Desse material, saem os polímeros. O que sobra é utilizada para alimentar os fornos. Os polímeros são transformados em pó de borracha que é adicionado a mistura com o asfalto comum, para fabricação do asfalto borracha. Para a produção de cada quilômetro do asfalto ecológico são necessários 600 pneus, com um custo 30% maior.

3.2 – Reutilizações de resíduo de borracha

Entre os produtos que reutilizam o resíduo de borracha estão solados de sapato, materiais de vedação, dutos pluviais, pisos para quadras poliesportivas, pisos industriais e tapetes para automóveis. Também, é reutilizada em asfalto para uso em pavimentação, gerando o asfalto borracha. Ou se transforma em combustível alternativo nas indústrias de cimento. Antes de comercializado os resíduos de borracha passam por um processo industrial. Neste processo é retirada toda a impureza que vem da própria coleta, como arame, nylon e outros. Assim a borracha está pronta para a segunda etapa. Na segunda etapa o resíduo é moído e triturado. O objetivo é deixar esse resíduo numa granulometria entre 2 mm a 3 mm

4 – Material e Métodos ou Metodologia

Após relatar neste trabalho os principais aspectos técnicos e vantagens do asfalto borracha em relação ao asfalto tradicional, foi projetado e executado no laboratório de pavimentação asfáltica da empresa Stone Building (Pedreira Jaguar), localizada no município de Bragança Paulista | SP, dois projetos conforme anexo 1 (projeto asfáltico com ligante tradicional) e anexo 2 (projeto asfáltico com ligante modificado por borracha moída de pneu) para melhor visualização e compreensão do mesmo.

As misturas asfálticas obedeceram às características granulométricas da Faixa – III do DER/SP ET-DE-P00/027,2007 com o mesmo percentual de agregados na composição granulométrica, sendo apenas diferentes em relação ao ligante asfáltico e foi realizado com agregado granítico oriundo da Pedreira Jaguar.

O processo inicial da pesquisa foi à formulação da pergunta: Quais os efeitos do acréscimo de pó de borracha na massa asfáltica a quente e o quão ele é eficiente se comparado ao convencional. Para o estudo do problema exposto foram utilizados como base os seguintes artigos: Balbo (2007), Bernucci (2006), Bittencourt (1958), Gil (2007), Leite (2003), Prego

(2001), Senço (2007) e o manual de pavimentação segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.

Após ensaios característicos da norma do DER/SP ET-DE-P00/030, 2007, segue abaixo resumo dos resultados das principais características das misturas asfálticas conforme tabela 1:

Propriedades	Mistura com Asfalto	
	Tradicional	Borracha
Teor de ligante asfáltico, (%)	4,6	5,4
Densidade aparente, (g/cm ³)	2,384	2,387
Volume de Vazios, (%)	4,1	4,0
Relação Betume / Vazios, (%)	72,4	75,7
Vazios do Agregado Mineral, (%)	15,0	16,5
Estabilidade, (Kgf)	1398	1678
Fluência, (0,01")	11,9	13,0
Resistência à tração por Compressão diametral, (MPa)	0,91	0,82

Tabela 01 - Resultados e comparativo entre os projetos executados segundo anexos 1 e 2 | Mistura com Asfalto-Tradicional X Mistura com Asfalto-Borracha.

Seguindo a base dos artigos supramencionados e o projeto da Faixa – III do DER/S ET-DE-P00/027,2007 de asfalto convencional disponibilizado pela Pedreira Jaguary e com auxílio do técnico laboratorista Dário Zambelle e Maurício de Barros foi criado um projeto Faixa – III do DER/SP ET-DE-P00/027, com mistura de asfalto de borracha.

Conforme a norma do DNIT 178/2018 – PRO foi elaborado um traço incluindo o pó de borracha para a massa quente e para asfalto convencional, em seguida foram feitos ensaios para identificar o teor de betume (figura 2) e o ensaio de Marshall. Após os ensaios realizados, foram moldados corpos de prova de massa com e sem pó de borracha para rompimento em laboratório.



Figura 02 – Processo de extração do betume da mistura asfáltica (Fonte: Próprio autor)

5 – Resultados

Podemos observar que a mistura com asfalto borracha teve um acréscimo de 0,8% no teor de ligante asfáltico em relação à mistura com asfalto tradicional, podendo ser explicada e compreendida facilmente se pensarmos em pintarmos uma pedra do tipo brita-1 com água e a mesma pedra com azeite. A quantidade de azeite gasto para pintar a pedra do tipo brita-1 é maior, pois o azeite é muito mais viscoso que a água, mas ao mesmo tempo recobre muito melhor a pedra, protegendo-a e agregando-a melhor se pensarmos em misturas asfálticas.

No caso da densidade aparente, não tivemos variações relevantes, podendo ser explicada pelo fato de a composição granulométrica dos agregados serem as mesmas, só diferenciando o ligante asfáltico.

O volume de vazios, a relação betume/vazios e o volume de agregado mineral não apresentaram grandes variações, sendo explicado pelo fato de que a composição granulométrica dos agregados são as mesmas nos dois projetos. Na estabilidade e na fluência, podemos observar a ação do polímero que existe na borracha de pneu moída, aumentando sua resistência às cargas axiais e sua flexibilidade.

RESULTADO DOS ROMPIMENTOS (Mpa)		
CP	CBUQ CONVENCIONAL	ASFALTO BORRACHA
1	8,06	6,93
2	7,47	8,26
3	7,5	9,07
Média	7,68	8,09

Tabela 02 - Resultado comparativo da mistura com asfalto tradicional X mistura com asfalto borracha.

QUADRO COMPARATIVO	
ASFALTO BORRACHA	CBUQ CONVENCIONAL
<i>Maior durabilidade</i>	<i>Menor durabilidade</i>
<i>Alta aderência e estabilidade</i>	<i>Aderência e estabilidade regular</i>
<i>Melhor adesividade dos agregados</i>	<i>Boa adesividade dos agregados</i>
<i>Pavimento mais resistente</i>	<i>Resistência regular</i>
<i>Redução da espessura do pavimento</i>	<i>Pavimentos mais espessos</i>
<i>Exige maior controle tecnológico</i>	<i>Menor rigor tecnológico</i>
<i>Executável em altas temperaturas</i>	<i>Temperaturas mais baixas</i>
<i>Maior custo de execução</i>	<i>Menor custo de execução</i>
<i>Poucas manutenções</i>	<i>Manutenções frequentes</i>

Tabela 03 - Quadro comparativo resumo



Figura 03 – Rompimento de um corpo de prova (Fonte: Próprio autor)

6 – Conclusão

A utilização de um ligante com mais qualidade e melhores características fabricado com o resíduo reciclado dos pneus, pode melhorar a durabilidade de nossas estradas e ruas e trazer benefícios ecológicos e sociais para toda população.

Para a obtenção da compatibilidade do asfalto tradicional na hora de receber a modificação por meio de determinados aditivos e o custo industrial da modificação podem onerar o custo em relação ao preço do asfalto tradicional, sendo plenamente justificado perante seus benefícios já mencionados neste trabalho.

Além do inegável benefício ecológico, o ligante modificado por borracha de pneu moída apresenta excelente custo benefício tendo em vista suas qualidades de ligante superior aos ligantes tradicionais o que assegura uma durabilidade superior aos revestimentos asfálticos.

Conclui-se que o emprego de ligante asfáltico modificado por borracha de pneu moída em misturas asfálticas vem se mostrando a cada dia que passa uma técnica muito promissora para construção e manutenção de nossas ruas e estradas.

7 – Agradecimentos

Em primeiro lugar agradamos a Deus, que esteve conosco desde o início;

Aos nossos familiares e cônjuges pelo apoio que sempre deram;

As professoras Sandra Elisabeth e Cândida Baptista e ao orientador Rafael Magdalena pelo suporte;

Enfim, agradecemos a todos que de alguma forma contribuíram para essa etapa e decisiva em nossa formação.

Referências Bibliográficas

1. BALBO, J. T. Pavimentação Asfáltica: materiais, projetos e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
2. BERNUCCI, Liedi Bariani et al. Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: PETROBRÁS/ ABEDA, 2006.
3. BITTENCOURT, E.R. Caminhos e estradas na geografia dos transportes. Rio de Janeiro: Editora Rodovia, 1958.
4. BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de pavimentação. 3. ed. Rio de Janeiro, 2006. (IPR. Publ., 719).
5. BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Colêtnia de normas. Disponível em <<http://www.dnit.gov.br/publicações/DNIT/>>. Acesso em: 16 de maio de 2021
6. GIL, A. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.
7. LEITE, L.F.M. Notas de aula do Curso de Pavimentação Urbana. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Pavimentação, 2003.
8. PREGO, Atahualpa Schmitz da Silva. A Memória da pavimentação no Brasil. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Pavimentação, 2001
9. SENÇO, W. de. Manual de Técnicas de Projetos Rodoviários. 1. ed. São Paulo: Pini, 2007.
10. SENÇO, Wlastermiler de. Manual de Técnicas de Pavimentação: volume 1. 2. ed. São Paulo, Pini, 2007.
11. RODRIGUES, C. M., Henkes, J. A. Reciclagem de pneus: atitude ambiental aliada à estratégia econômica. IN: Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental, Florianópolis, v. 4, n. 1, p. 448- 473.
12. Indicadores-da-pavimentacao-no-municipio-de-vitoria. Disponível em <<https://www.docplayer.com.br/38852278> >. Acesso em: 12 de abril de 2021.

ANEXO 1**PROJETO DE CONCRETO ASFALTICO CBUQ (CONVENCIONAL) FAIXA "III"****RESUMO DO ESTUDO****INFORMAÇÕES DOS MATERIAIS**

ORIGEM DO MATERIAL	NATUREZA	TIPO	PORCENTAGEM
<i>PEDREIRA JAGUARY</i>	<i>GRANITO</i>	<i>BRITA 1</i>	<i>25,0%</i>
<i>PEDREIRA JAGUARY</i>	<i>GRANITO</i>	<i>PEDRISCO</i>	<i>10,0%</i>
<i>PEDREIRA JAGUARY</i>	<i>GRANITO</i>	<i>MISTO</i>	<i>65,0%</i>
<i>BRASQUÍMICA</i>		<i>CAP 50/70</i>	<i>4,7%</i>
		<i>TOTAL</i>	<i>100,0%</i>

CARACTERISTICA DA MISTURA

ENSAIO MARSHALL		ESPECIFICAÇÕES	
		MÍNIMO	MÁXIMO
Valor encontrado para o teor ótimo em peso de asfalto adicionado	4,7 %	4,4%	5,0%
Densidade do asfalto	1,007	-	-
Densidade Máxima Teórica	2,448	-	-
Densidade Aparente da mistura compactada	2,350	-	-
Volume de vazios	4,0	3,0	5,0
Relação Betume Vazios – RBV %	73,3	70,0	80,0
Estabilidade (Kgf)	1426	800	
Fluência (mm)	2,4	2,0	4,0
Volume do Agregado Mineral – VAM %	15,0	14,0	
Tração na compressão diametral	1,1	0,80	

GRANULOMETRIA DOS AGREGADOS

PENEIRAS	MISTURA	FAIXA DE TRABALHO	TOLERÂNCIA	ESPECIFICAÇÃO
-----------------	----------------	--------------------------	-------------------	----------------------

Pol.	(mm)	% Passante	Limite Inferior	Limite Superior	+ ou -	Limite Inferior	Limite Superior
2"	50,80	100,0	100,0	100,0	7	100,0	100,0
1" ½	38,10	100,0	100,0	100,0	7	100,0	100,0
1"	25,40	100,0	100,0	100,0	7	100,0	100,0
¾	19,05	99,6	100,0	100,0	7	100,0	100,0
½	12,70	89,1	82,1	96,1	7	80,0	100,0
3/8	9,50	79,1	72,1	86,1	7	70,0	90,0
Nº4	4,80	51,4	46,4	56,4	5	44,0	72,0
Nº10	2,00	32,2	27,2	37,2	5	22,0	50,0
Nº40	0,42	15,4	10,4	20,4	5	8,0	26,0
Nº80	0,18	9,5	7,5	11,5	2	4,0	16,0
Nº200	0,075	6,3	4,3	8,3	2	2,0	10,0

EQUIVALENTE DE AREIA

<i>RESULTADO</i>	55,0 %
<i>ESPECIFICAÇÃO</i>	>55 %

ABRASÃO LOS ANGELES

<i>RESULTADO</i>	25,0 %
<i>ESPECIFICAÇÃO</i>	<40 %

DENSIDADE TEÓRICA DA MISTURA

4,0%	4,5%	5,0%	5,5%	6,0%
2,468	2,454	2,439	2,425	2,410

DADOS PARA O PROJETO

<i>Teor %</i>	4,0%	4,5%	5,0%	5,5%	6,0%
Dmt (g/cm³)	2,468	2,454	2,439	2,425	2,410
Dap (g/cm³)	2,325	2,343	2,359	2,370	2,360
Vv%	5,8	4,5	3,3	2,3	2,1
Vam%	15,05	14,99	15,01	15,21	16,16

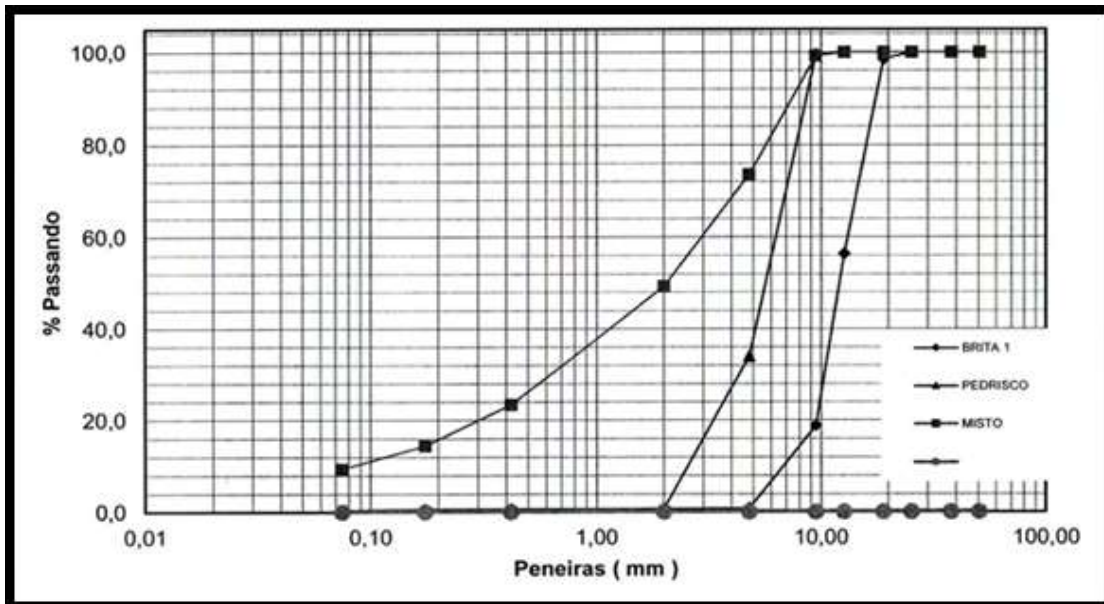
Rbv%	61,4	69,9	78,04	85,1	87,1
Estabilidade (Kgf)	1175	1391	1450	1410	1234
Fluência(mm)	1,80	2,20	2,70	3,20	4,00
RTCD(Kgf/cm²)	0,9	1,0	1,2	1,3	1,2

VALORES DE REFERÊNCIA	
TRAÇO (% EM PESO)	
<i>BRITA 1</i>	25%
<i>PEDRISCO</i>	10%
<i>MISTO</i>	65%
<i>TOTAL DA MISTURA</i>	100%

**CAP ADICIONADO EM CIMA DA PORCENTAGEM TOTAL*

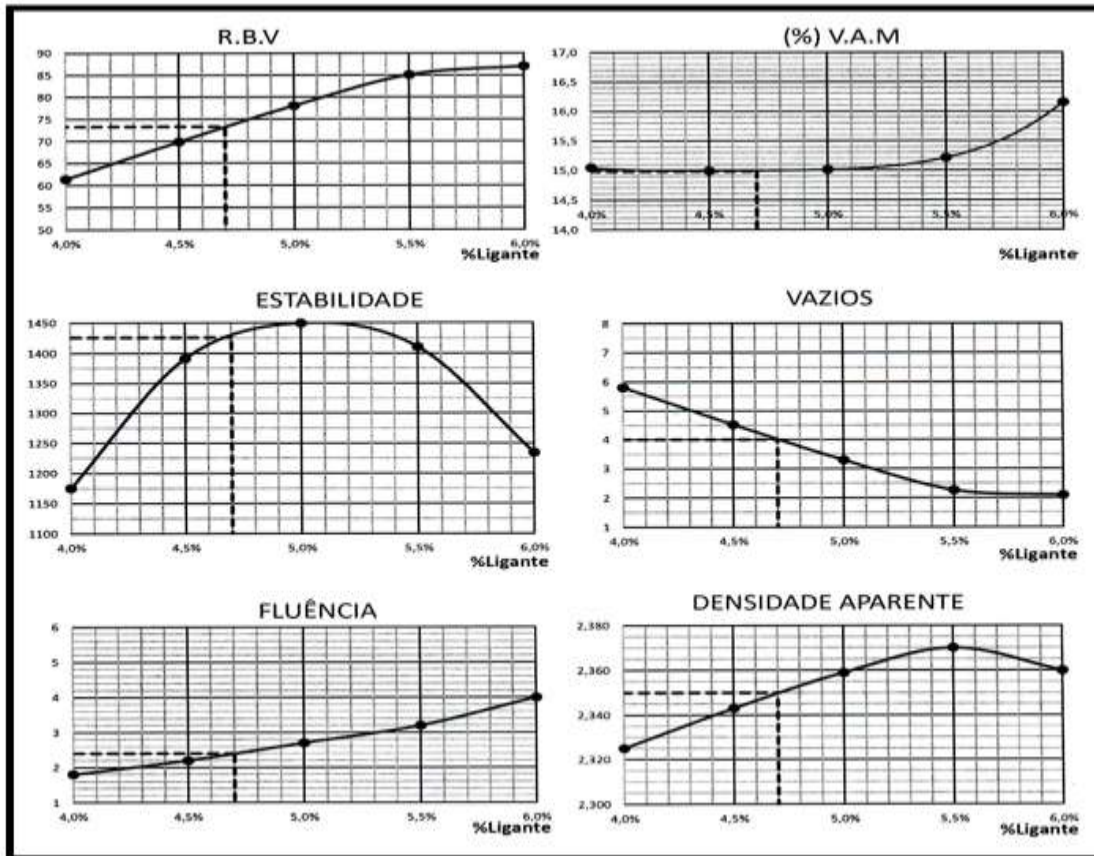
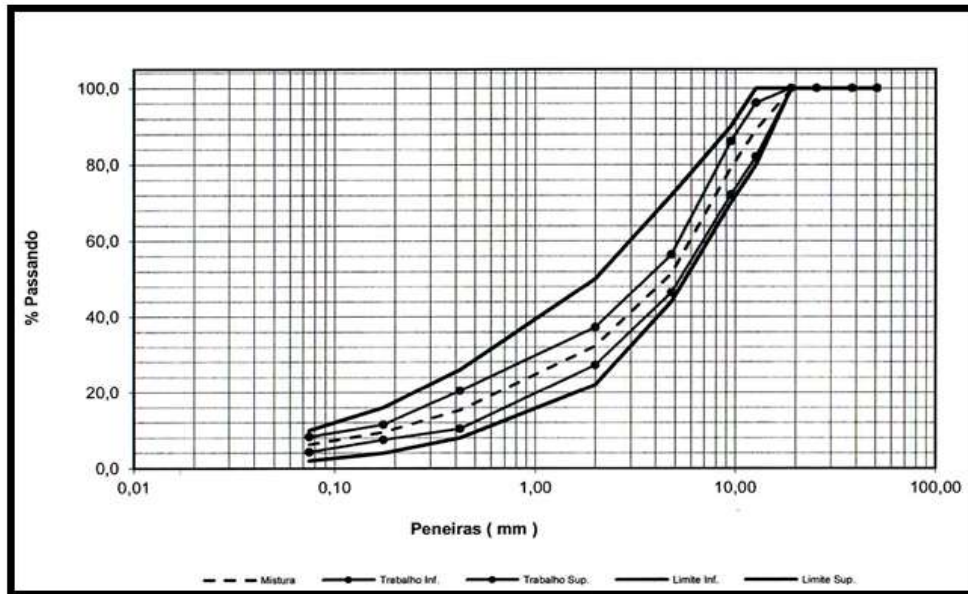
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DOS AGREGADOS INDIVIDUAIS

GRANULOMETRIA				
PENEIRA		%PASSANTE		
Pol	mm	Brita 1	Pedrisc o	Misto
2"	50,80	100,0	100,0	100,0
1"1/2	38,10	100,0	100,0	100,0
1"	25,40	100,0	100,0	100,0
¾	19,05	98,5	100,0	100,0
½	12,70	56,3	100,0	100,0
3/8	9,50	18,8	99,6	99,2
Nº4	4,80	0,82	33,95	73,5
Nº10	2,00	0,65	0,70	46,2
Nº40	0,42	0,63	0,30	23,3
Nº80	0,18	0,58	0,28	14,4
Nº20	0,075	0,44	0,25	9,4



ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DA MISTURA DOS AGREGADOS

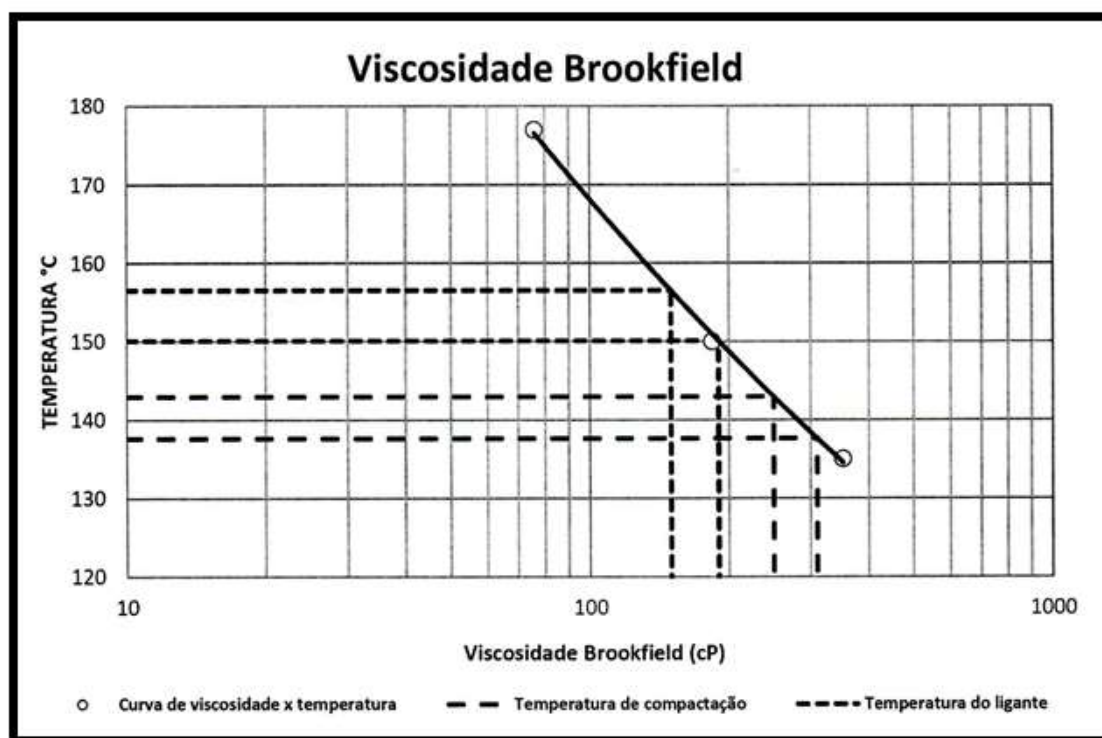
GRANULOMETRIA							
PENEIRA		%PASSANTE					
Pol	mm	Mistura	Média	Especificação		Faixa de trabalho	
2"	50,80	100,0	100,0	100	100	100	100,0
1"1/2	38,10	100,0	100,0	100	100	100	100,0
1"	25,40	100,0	100,0	100	100	100	100,0
3/4	19,05	99,6	100,0	100	100	100	100,0
3/8	12,70	89,1	90,0	80	100	82,1	96,1
3/8	9,50	79,1	80,0	70	90	72,1	86,1
Nº4	4,80	51,4	58,0	44	72	46,4	56,4
Nº10	2,00	32,2	36,0	22	50	27,2	37,2
Nº40	0,42	15,4	17,0	8	26	10,4	20,4
Nº80	0,18	9,5	10,0	4	16	7,5	11,5
Nº200	0,075	6,3	6,0	2	10	4,3	8,3



ENSAIOS DO LIGANTE - CAP

ENSAIO	UNIDADE	MÉTODO	ESPECIFICAÇÃO	RESULTADOS		
				1	2	MÉDIA
Penetração (100g, 5s, 25°C)	0,1mm	NBR 6576	50 à 70	51	52	51,5

Ponto de amolecimento	°C	NBR 6560	46 mínimo	49	49	49,0
Viscosidade Brookfield 135°C	cP	NBR 15184	274 mínimo	354	354	354,0
Viscosidade Brookfield 150°C	cP	"	112 mínimo	185	185	185,0
Viscosidade Brookfield 177°C	cP	"	57 à 285	77	77	77,0
Ponto de Fulgor	°C	NBR 11341	235 mínimo	314	314	314,0
Densidade do CAP	g/cm ³	NBR 6296	-	1,007	1,007	1,007
TEMPERATURAS DE TRABALHO DETERMINADAS ATRAVÉS DA RELAÇÃO VISCOSIDADE X TEMPERATURA						
TEMPERATURA DE AQUECIMENTO DO LIGANTE			TEMPERATURA DE COMPACTAÇÃO			
MÍNIMO 150°C		MÁXIMO 157°C		MÍNIMO 138°C		MÁXIMO 143°C
TEMPERATURA DOS AGREGADOS			TEMPERATURA MÉDIA DE AQUECIMENTO DO LIGANTE :153°C			
MÍNIMO 170°C		MÁXIMO 175°C		TEMPERATURA MÉDIA DOS AGREGADOS: 173°C		



ANEXO 2

PROJETO DOSAGEM DE CONCRETO ASFALTICO BORRACHA CBUQ FAIXA "III"

RESUMO DO ESTUDO

INFORMAÇÕES DOS MATERIAIS

<i>ORIGEM DO MATERIAL</i>	<i>NATUREZA</i>	<i>TIPO</i>	<i>PORCENTAGEM</i>
<i>PEDREIRA JAGUARY</i>	<i>GRANITO</i>	<i>BRITA 1</i>	<i>25,0%</i>
<i>PEDREIRA JAGUARY</i>	<i>GRANITO</i>	<i>PEDRISCO</i>	<i>10,0%</i>
<i>PEDREIRA JAGUARY</i>	<i>GRANITO</i>	<i>MISTO</i>	<i>65,0%</i>
<i>BRASQUÍMICA</i>		<i>CAP 50/70</i>	<i>5,3%</i>
		<i>TOTAL</i>	<i>100,0%</i>

CARACTERÍSTICA DA MISTURA			
ENSAIO MARSHALL		ESPECIFICAÇÕES	
		MÍNIMO	MÁXIMO
Valor encontrado para o teor ótimo em peso de asfalto adicionado	5,3 %	5,0%	5,6%
Densidade do asfalto	1,007	-	-
Densidade Máxima Teórica	2,448	-	-
Densidade Aparente da mistura compactada	2,350	-	-
Volume de vazios	4,0	3,0	5,0
Relação Betume Vazios – RBV %	73,3	70,0	80,0
Estabilidade (Kgf)	1426	800	
Fluência (mm)	2,4	2,0	4,0
Volume do Agregado Mineral – VAM %	15,0	14,0	
Tração na compressão diametral	1,1	0,80	

GRANULOMETRIA DOS AGREGADOS

PENEIRAS		MISTURA	FAIXA DE TRABALHO		TOLERÂNCIA	ESPECIFICAÇÃO (PMSP)	
Pol.	(mm)	% Passante	Limite Inferior	Limite Superior	+ ou -	Limite Inferior	Limite Superior
2"	50,80	100,0	100,0	100,0	7	100,0	100,0
1" ½	38,10	100,0	100,0	100,0	7	100,0	100,0
1"	25,40	100,0	100,0	100,0	7	100,0	100,0
¾	19,05	99,6	100,0	100,0	7	100,0	100,0

½	12,70	89,1	82,1	96,1	7	80,0	100,0
3/8	9,50	79,1	72,1	86,1	7	70,0	90,0
Nº4	4,80	51,4	46,4	56,4	5	44,0	72,0
Nº10	2,00	32,2	27,2	37,2	5	22,0	50,0
Nº40	0,42	15,4	10,4	20,4	5	8,0	26,0
Nº80	0,18	9,5	7,5	11,5	2	4,0	16,0
Nº200	0,075	6,3	4,3	8,3	2	2,0	10,0

EQUIVALENTE DE AREIA

RESULTADO	55,0 %
ESPECIFICAÇÃO	>55 %

ABRASÃO LOS ANGELES

RESULTADO	25,0 %
ESPECIFICAÇÃO	<40 %

DENSIDADE TEÓRICA DA MISTURA

4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%
2,454	2,439	2,425	2,410	2,389

DADOS PARA O PROJETO

Teor %	4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%
Dmt (g/cm³)	2,454	2,439	2,425	2,410	2,389
Dap (g/cm³)	2,343	2,359	2,370	2,360	2,325
Vv%	5,5	4,9	3,7	3,1	2,5
Vam%	14,99	15,01	15,21	16,16	15,05
Rbv%	69,9	78,04	85,1	87,1	61,4
Estabilidade(Kgf)	1391	1450	1410	1234	1175
Fluência(mm)	2,20	2,70	3,20	4,00	1,80
RTCD(Kgf/cm²)	1,0	1,2	1,3	1,2	0,9

VALORES DE REFERÊNCIA

TRAÇO (% EM PESO)

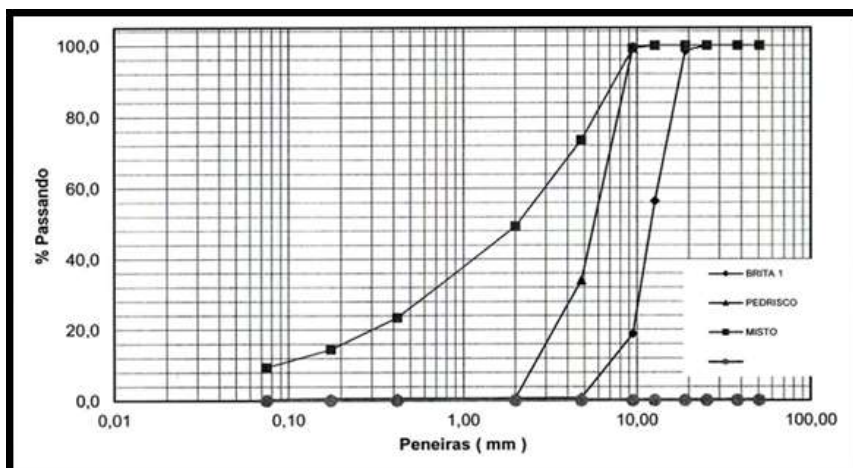
BRITA 1	25%
---------	-----

PEDRISCO	10%
MISTO	65%
TOTAL DA MISTURA	100%

*CAP ADICIONADO EM CIMA DA PORCENTAGEM TOTAL

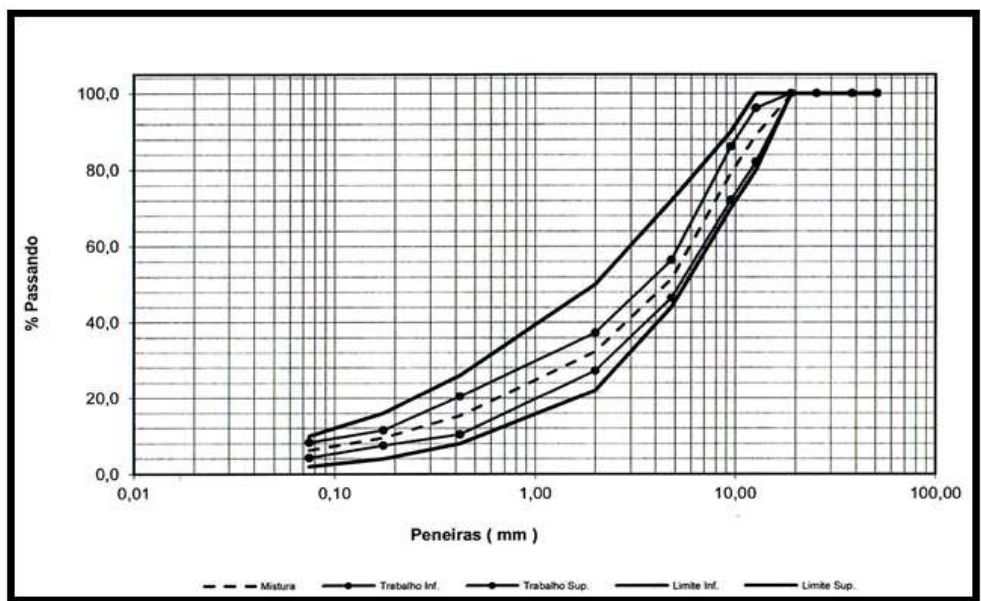
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DOS AGREGADOS INDIVIDUAIS

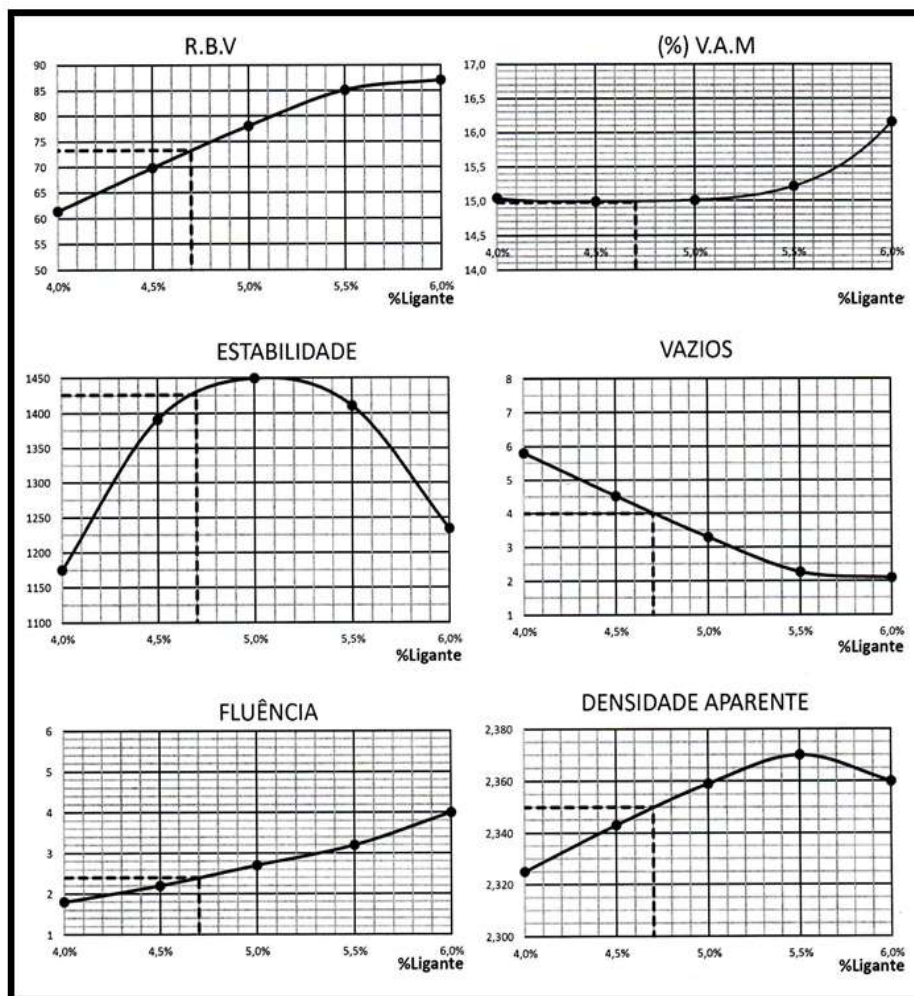
GRANULOMETRIA				
PENEIRA		%PASSANTE		
Pol	mm	Brita 1	Pedrisco	Misto
2"	50,80	100,0	100,0	100,0
1"1/2	38,10	100,0	100,0	100,0
1"	25,40	100,0	100,0	100,0
3/4	19,05	98,5	100,0	100,0
1/2	12,70	56,3	100,0	100,0
3/8	9,50	18,8	99,6	99,2
Nº4	4,80	0,82	33,95	73,5
Nº10	2,00	0,65	0,70	46,2
Nº40	0,42	0,63	0,30	23,3
Nº80	0,18	0,58	0,28	14,4
Nº200	0,075	0,44	0,25	9,4



ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DA MISTURA DOS AGREGADOS

GRANULOMETRIA							
PENEIRA			%PASSANTE				
Pol	mm	Mistura	Média	Especificação		Faixa de trabalho	
2"	50,80	100,0	100,0	100	100	100	100,0
1"1/2	38,10	100,0	100,0	100	100	100	100,0
1"	25,40	100,0	100,0	100	100	100	100,0
3/4	19,05	99,6	100,0	100	100	100	100,0
1/2	12,70	89,1	90,0	80	100	82,1	96,1
3/8	9,50	79,1	80,0	70	90	72,1	86,1
Nº4	4,80	51,4	58,0	44	72	46,4	56,4
Nº10	2,00	32,2	36,0	22	50	27,2	37,2
Nº40	0,42	15,4	17,0	8	26	10,4	20,4
Nº80	0,18	9,5	10,0	4	16	7,5	11,5
Nº200	0,075	6,3	6,0	2	10	4,3	8,3





ENSAIOS DO LIGANTE - CAP COM BORRACHA

ENSAIO	UNIDADE	MÉTODO	ESPECIFICAÇÃO	RESULTADOS		
				1	2	MÉDIA
Penetração (100g, 5s, 25°C)	0,1mm	NBR 6576	50 à 70	51	52	51,5
Ponto de amolecimento	°C	NBR 6560	46 mínimos	49	49	49,0
Viscosidade Brookfield 175°C	cP	NBR 15184	1,360 a 1,840 máximo	1.780	1.781	1780.5
Ponto de Fulgor	°C	NBR 11341	1 mínimo	314	314	314,0
Densidade do CAP	g/cm ³	NBR 6296	-	1,020	1,020	1,020
TEMPERATURAS DE TRABALHO DETERMINADAS ATRAVÉS DA RELAÇÃO VISCOSIDADE X TEMPERATURA						
TEMPERATURA DE AQUECIMENTO DO LIGANTE			TEMPERATURA DE COMPACTAÇÃO			
MÍNIMO 150°C		MÁXIMO 157°C		MÍNIMO 138°C		MÁXIMO 143°C
TEMPERATURA DOS AGREGADOS			TEMPERATURA MÉDIA DE AQUECIMENTO DO LIGANTE :153°C			
MÍNIMO 170°C		MÁXIMO 185°C		TEMPERATURA MÉDIA DOS AGREGADOS: 177.5°C		