

4. MATERIAIS UTILIZADOS

Descrevem-se nesse capítulo a origem e as características dos materiais utilizados na pesquisa.

4.1 AREIA

O Departamento de Edificações Rodovias e Transportes do Ceará - DERT, cedeu a areia utilizada nesta pesquisa. Esta areia foi retirada de uma jazida comumente utilizada pelo DERT, no rio Acaraú, interior do Ceará e é usada para construção de revestimentos de areia-asfalto no interior do Estado. O rio Acaraú nasce no centro das serras da Matas e seu regime difere dos demais do Ceará, tendo água durante um grande período no ano. A areia proveniente deste rio é constituída por sedimentos de origem fluvial de natureza e distribuição granulométrica variada, formados por camadas de estratificadas e depósitos de materiais orgânicos (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 1973).

A amostra de aproximadamente 180 kg recebida possuía a distribuição granulométrica apresentada na tabela e figura 4.1. Os agregados retidos na peneira Nº 4 não seriam utilizados, e com sua retirada restou apenas areia com a distribuição granulométrica apresentada na tabela e figura 4.2.

Peneira		%
Nº	mm	passando
3/4"	19,1	100
1/2"	12,7	99
3/8"	9,52	98
4	4,76	92
10	2	75
40	0,42	10
80	0,177	1,3
200	0,074	0,3

Tabela 4.1 - Distribuição granulométrica do material bruto

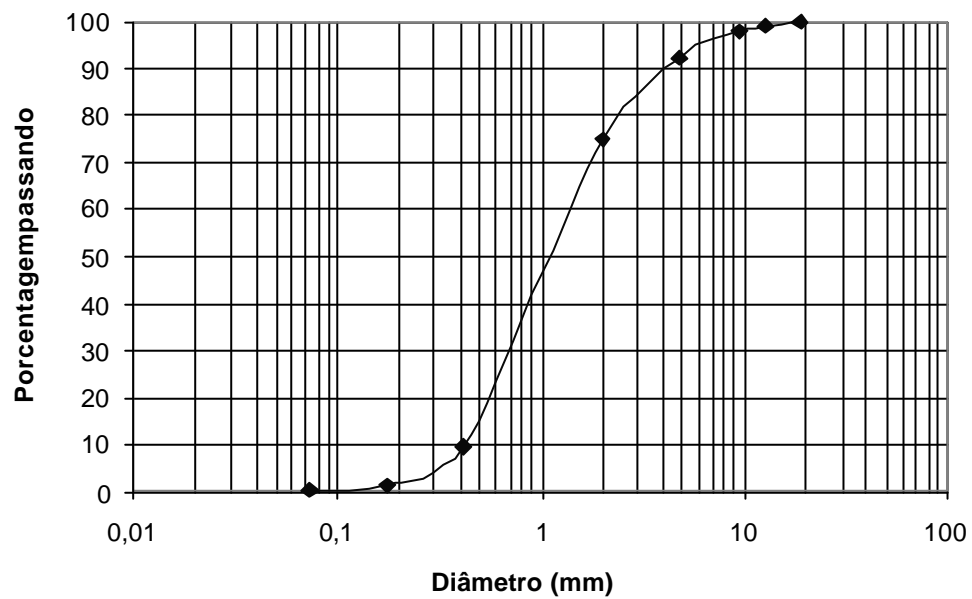


Figura 4.1 - Curva granulométrica do material bruto

Peneira		%
Nº	mm	passando
4	4,76	100
10	2	81
40	0,42	10
80	0,177	1,5
200	0,074	0,3

Tabela 4.2 - Distribuição granulométrica sem agregado graúdo

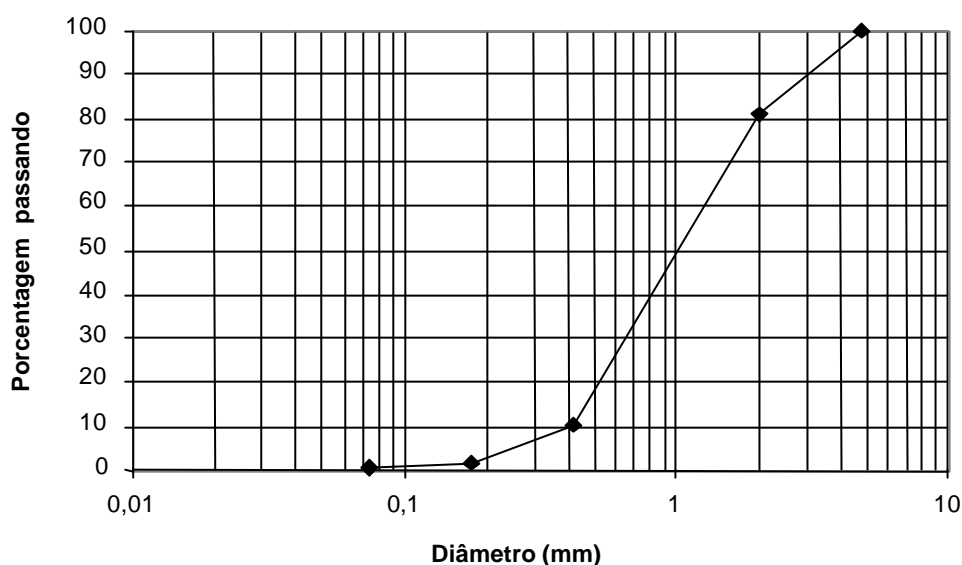


Figura 4.2 - Curva granulométrica do material sem agregado graúdo

Com a quantidade de areia disponível não seria possível atender a faixa granulométrica desejada, portanto para completar a quantidade dos agregados de certos diâmetros foi necessário moer parte do material excedente de algumas frações mais grossas. Este procedimento era demorado e decidiu-se utilizar outra areia de rio, retirada do rio Mogi no estado de São Paulo, para completar as frações com pouco material. Mesmo assim a quantidade de filler ainda era insuficiente, o que tornou necessário o uso de pó de pedra. O pó de pedra utilizado é de natureza basáltica, proveniente da Pedreira Colacy da cidade de Pederneiras, no estado de São Paulo.

No material procedente do Ceará, uma areia de quartzo, eram escassas apenas as frações mais finas, mais exatamente o material que passa na peneira Nº 40, principalmente filler. O percentual de material em cada uma das peneiras de acordo com sua origem, está indicado na tabela 4.3. A tabela 4.4 apresenta a divisão percentual do material passando na peneira 200 (filler). O pó de pedra adicionado corresponde a maior parte do filler utilizado. Este fato deve-se à pequena quantidade de finos que as areias dos rios Acaraú e Mogi continham.

Retido na peneira	Retirado do rio Acaraú	Material do rio Acaraú moído	Retirado do rio Mogi
80	79%	9%	12%
200	59%	15%	26%

Tabela 4.3: Distribuição percentual nas peneiras 80 e 200

Gradação	Retirado do rio Acaraú	Material do rio Acaraú moído	Pó de pedra
Filler	12%	13%	75%

Tabela 4.4: Distribuição percentual do filler

A areia do rio Mogi foi escolhida por ser de origem fluvial e apresentar graus de arredondamento e esfericidade próximos aos do material extraído do rio Acaraú. A escolha de grãos com esfericidade e arredondamento semelhantes a areia do rio Acaraú, deve-se ao fato que estes dois fatores influenciam a capacidade dos grãos em intertravarem-se quando utilizados no revestimento.

O grau de arredondamento indica a presença de arestas vivas no grão. A amplitude de variação é de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1 for o grau mais arredondadas são as arestas do grão. O método utilizado para determinar o grau de arredondamento da areia foi o método de comparação

visual com padrões. Este método consiste no exame um a um de uma amostra dos grãos, projetados em uma tela para facilitar a visualização, fazendo comparação com uma tabela com imagens de partículas separadas em 5 classes. Cada classe tem um intervalo numérico de graus de arredondamento. As amostras do rio Acaraú e do rio Mogi se encontram na classe de partículas subarredondadas (grau de arredondamento entre 0,25 e 0,40). Os grãos característicos desta classe apresentam retrabalhamento considerável, com cantos bem arredondados (SUGUIO, 1973). A figura 4.3 mostra uma ampliação de 10 vezes dos grãos retidos na peneira número 40.

O grau de esfericidade exprime numericamente o quanto a forma da partícula se aproxima de uma esfera. Novamente o método utilizado foi o de comparação visual com padrões. Os grãos tanto do rio Mogi quanto do rio Acaraú são razoavelmente esféricos. O resultado da análise de esfericidade e arredondamento encontra-se na tabela 4.5. Utilizando os valores obtidos por comparação visual testou-se a hipótese de que as médias de esfericidade e arredondamento das duas areias seriam iguais, o que foi confirmado para um nível de significância de 5%.



Figura 4.3 : Grãos da areia do rio Acaraú com diâmetro entre 2,00 e 0,42 mm (aumento de 10 X)

	Rio Mogi	Rio Acaraú
Esfericidade	0,82	0,84
Arredondamento	0,30	0,27

Tabela 4.5 : Esfericidade e Arredondamento das areias

Foi determinado também o peso específico e pH e realizados ensaios de equivalente de areia e abrasão Los Angeles nos agregados utilizados. Os resultados encontram-se na tabela 4.6. O peso específico do pó de pedra e da areia do rio Mogi foram obtidos dos trabalhos de COELHO (1996) e SANTANNA (1998), pois estes materiais foram utilizados em suas pesquisas.

Ensaio	Material		
	Rio Acaraú	Rio Mogi	Pó de pedra
Abrasão Los Angeles	36,1%	-	-
pH	7,44	6,69	8,19
Peso específico (g/cm ³)	2,604	2,650	2,956
Equivalente de areia	96%	96%	-

Tabela 4.6 : Características dos materiais utilizados

4.2 FAIXA GRANULOMÉTRICA

De acordo com o relato de engenheiros do DERT, este órgão não utiliza nenhuma faixa granulométrica pré-estabelecida para as misturas de areia-asfalto a frio. O procedimento padrão, já descrito em capítulo anterior, é de utilizar a areia de rio com a distribuição granulométrica que ela se encontra quando é retirada da jazida. Desta forma para representar a mistura utilizada pelo DERT o mais adequado seria usar a areia da mesma maneira que foi recebida. Fazendo isso a mistura teria praticamente nenhum filler e agregados graúdos. Como pretende-se representar misturas de areia-asfalto, que não possuem agregados graúdos e tem certa quantidade de

filler, decidiu-se colocar a mistura em uma faixa granulométrica de areia-asfalto.

A curva granulométrica utilizada, apresentada na tabela 4.7, está próxima ao limite inferior da faixa "C" de areia-asfalto a quente do Departamento Estadual de Estradas de Rodagem e Transportes do Ceará (DERT), apresentada na tabela 4.8, e no centro da faixa de areia-asfalto estipulada pela ASTM D3515, como pode ser visto e figura 4.4. O uso de uma faixa granulométrica especificada para misturas a quente deve-se ao fato de que não existem faixas granulométricas definidas para areia-asfalto a frio nas normas do DERT nem do DNER.

Peneira	Porcentagem passando
4	100
10	86
40	26
80	9
200	5

Tabela 4.7 : Distribuição granulométrica utilizada

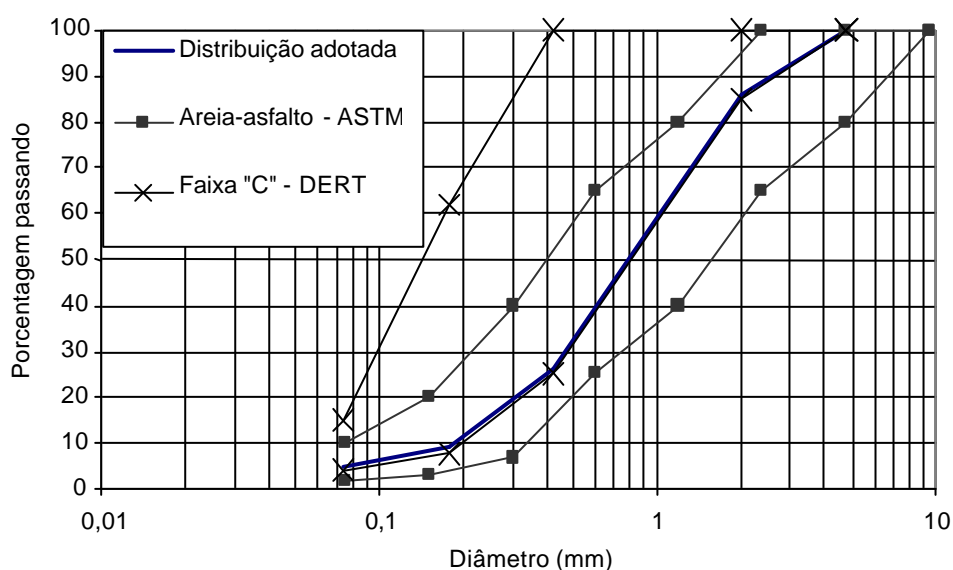


Figura 4.4: Curva granulométrica utilizada

Faixa C	
Peneira	Limites (% passando)
4	100
10	85 - 100
40	25 - 100
80	8 - 62
200	4 - 15

Tabela 4.8: Limites da faixa "C" do DERT

4.3 EMULSÃO MODIFICADA COM POLÍMERO

A emulsão modificada com polímero utilizada nesta pesquisa é produzida pela empresa Ipiranga Asfaltos e é comercializada com a denominação de Emulex®. Suas especificações estão indicadas na tabela a seguir.

Especificações	Métodos de Ensaio (IBP/ABNT)	Emulex
Viscosidade Saybolt Furol, S, a 50°C	MB-581	100
Sedimentação, % em peso máx	NBR-6570	5
Peneiração, 0,84 mm, % em peso máx.	MB-609	0,1
Mistura com cimento, % máx	NBR-6297	-
Carga da Partícula	NBR-6567	Positiva
PH, máx,	NBR-6299	6,5
Resíduo, mínimo, % em peso		62
Penetração a 25°C, 100g, 5s, 0,1mm	NBR-6576	40 - 90
Ponto de amolecimento, °C, (mín)		57
Ductilidade a 25°C, cm, mín	NBR-6293	40

Tabela 4.9: Especificações da emulsão modificada com polímero

4.4 EMULSÃO ASFÁLTICA CONVENCIONAL

Nesta pesquisa foi empregada emulsão de ruptura lenta, por ser a mais utilizada neste tipo de serviço quando há presença de finos (IBP, 1994). As especificações da emulsão RL -1C encontram-se na tabela 4.10.

Especificações	Métodos de Ensaio (IBP/ABNT)	Emulsão RL - 1C
Viscosidade Saybolt Furol, S, a 50°C	MB-581	Máx. 70
Sedimentação, % em peso máx	NBR-6570	5
Peneiração, 0,84 mm, % em peso máx.	MB-609	0,1
Resistência à água, % mín. de cobertura	NBR-6300	
Agregado seco		80
Agregado úmido		60
Mistura com cimento, % máx	NBR-6297	2
Ou filler silícico	NBR-6302	1,2-2,0
Carga da Partícula	NBR-6567	Positiva
PH, máx,	NBR-6299	6,5
Destilação		
Solvente destilado, % em vol.		Nula
Resíduo, mínimo, % em peso	NBR-6568	60
Penetração a 25°C, 100g, 5s, 0,1mm	NBR-6576	50-250
Teor de betume, % em peso, mín.	MB-166	97
Ductilidade a 25°C, cm, mín	NBR-6293	40

Tabela 4.10: Especificações da emulsão RL-1C