

PROJETO DE BASE DRENANTE REALIZADO DE ACORDO COM A ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DER/SP ET-DE-P00/008

Vanessa Quadros Borba (1); Adailton Antônio dos Santos (2).

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense
(1)vanessaborba.1@gmail.com, (2)adailton@unesc.net

RESUMO

A pesquisa foi elaborada com o objetivo de desenvolver um projeto de Base drenante, com Brita Graduada Simples (BGS). A mesma foi executada no Laboratório de Mecânica dos Solos (LMS), do Instituto de Engenharia e Tecnologia (IDT), da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), utilizando como matéria prima agregado de diabásio. A realização da pesquisa foi feita de acordo com a especificação técnica DER/SP ET-DE-P00/008, intitulada como Sub-base ou base de Brita Graduada. Foram feitos ensaios de granulometria, a fim de determinar a composição granulométrica da base, e através desses resultados foram realizados os ensaios de compactação na energia proctor modificada para determinação do ponto de máxima densificação (69 golpes). Com base neste, determinou-se os parâmetros geotécnicos exigidos pela DER/SP ET-DE-P00/008 para camada de base drenante (granulometria contínua e dentro da faixa de trabalho, Índice de Suporte Califórnia $\geq 100\%$ e expansão inferior a 0,3%), verificando-se que estes ficaram dentro dos limites estabelecidos pela mesma.

Palavras-Chave: Base drenante. Brita graduada simples. Composição granulométrica.

1. INTRODUÇÃO

Tráfego, clima, tensões e qualidade dos materiais são fatores que influenciam diretamente na vida útil do pavimento, que, segundo a NBR 7207/1982 “[...] é a superestrutura, constituída por diversas camadas superpostas, construída sobre o subleito.”.

Para tanto, o objeto de estudo deste trabalho será a camada de base do tipo drenante, que deve ser constituída por materiais estabilizados granulometricamente, a fim de resistir e distribuir esforços verticais, além de auxiliar na drenagem do pavimento.

A base do tipo drenante deve possuir a característica mais aberta, ou seja, em sua granulometria a quantidade de agregados finos deve ser relativamente inferior à

quantidade de agregados graúdos, para que a água possa percolar mais livremente, auxiliando assim na função de drenagem.

Para isso, a partir da granulometria encontrada através de ensaios laboratoriais, será determinado o traço, com propósito de encontrar as características da mistura de Brita Graduada Simples (BGS), para a camada de base drenante.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios laboratoriais foram executados de acordo com a especificação técnica do Departamento de Estradas e Rodagem do Estado de São Paulo DER/SP ET-DE-P00/008, intitulada como Sub-base ou Base de Brita Graduada. Foram realizados ensaios para os agregados como granulometria, equivalente de areia, densidade real, densidade aparente, absorção, abrasão Los Angeles, durabilidade e índice de forma, com intuito de verificar se o agregado atende a especificação citada acima. Para a mistura foram moldados corpos de prova para densificação com 55, 65, 75, 85 e 95 golpes, a fim de encontrar aquele que fornecerá a maior densidade seca máxima. Definida a densificação que apresentou a maior densidade seca máxima, determinou-se com base nesta, a umidade ótima, índice de suporte Califórnia e a expansão a ser adotada para o traço da camada de base.

2.1 MATERIAIS

Os materiais constituintes para o projeto de base drenante são: agregado graúdo e agregado miúdo, sendo que estes devem satisfazer os critérios estabelecidos pela especificação técnica DER/SP ET-DE-P00/008.

2.1.1 Agregados

Neste trabalho utilizou-se material pétreo diabásio, proveniente da pedra localizada no município de Urussanga – SC, no bairro de Rio Maior, explorada pela empresa SETEP Construções Ltda.

2.2 ENSAIO DE GRANULOMETRIA

O ensaio de granulometria é um processo utilizado para a determinação da porcentagem em peso, que cada faixa especificada de tamanho de partículas representa no material ensaiado.

Segundo Bernucci et al. (2008), este ensaio é realizado por meio de uma análise pelo método do peneiramento simples, aonde uma amostra seca do agregado é fracionada através de uma série de peneiras justapostas, com aberturas progressivamente menores. A massa retida em cada peneira é comparada com a massa total da amostra, e a distribuição é expressa em porcentagem da mesma para cada malha de peneira. A norma DNER-ME 083/98 descreve o procedimento de análise por peneiramento.

2.3 ENSAIO DE ABRASÃO LOS ANGELES

Segundo Bernucci et al. (2008), durante o processo de manuseio e execução de camadas do pavimento, os agregados estão sujeitos a quebras e abrasão, que ocorre também durante a ação do tráfego.

Neste ensaio, regido pelo método de ensaio DNER-ME 035/98, uma amostra do agregado é submetida a revoluções dentro de um cilindro, sendo acrescentado um número variado de esferas de aço, conforme a granulometria da amostra, a fim de observar qual a perda de massa dos agregados retidos na peneira de número 12 (1,7mm), em relação à massa inicial, sendo que este desgaste deve ser inferior a 50%, de acordo com a especificação técnica DER/SP ET-DE-P00/008.

O ensaio de abrasão Los Angeles foi realizado no Laboratório de Pavimentação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, e gentilmente cedido pela empresa SETEP Construções Ltda.

2.4 ÍNDICE DE FORMA

Para Bernucci et al. (2008, p. 141), “A forma das partículas dos agregados influi na trabalhabilidade e resistência ao cisalhamento das misturas asfálticas e muda a energia de compactação necessária para se alcançar certa densidade.”

O ensaio do índice de forma é realizado através da norma NBR 7809/83. Este ensaio se dá através da média entre o comprimento e a espessura do grão. Utilizam-se agregados graúdos, ou seja, aqueles com dimensão superior a 2,0mm (retido na peneira nº10), e é realizado através de uma amostra de agregado submetida à secagem em estufa e depois medida grão por grão, obtendo assim a média total da amostra, e conseqüentemente o grau de lamelaridade, que deve ser maior que 0,5, de acordo com a especificação técnica DER/SP ET-DE-P00/008.

Este ensaio foi realizado no Laboratório de Pavimentação – UFSC, e cedido pela empresa SETEP Construções Ltda.

2.5 ENSAIO DE DURABILIDADE

Alguns agregados apresentam, inicialmente, boas características. Porém, podem sofrer processos de desintegração química quando expostos a condições ambientais no pavimento.

Por isso, segundo Bernucci *et al.* (2008), o ensaio de durabilidade consiste em atacar o agregado com solução saturada de sulfato de sódio ou de magnésio, em cinco ciclos de imersão, que podem durar de 16 a 18 horas, a temperatura de 21°C, seguidos de secagem em estufa, buscando quantificar a característica de resistência à desintegração química. Este ensaio é realizado através do método de ensino DNER-ME 089/94.

De acordo com a especificação técnica DER/SP ET-DE-P00/008, a perda para soluções de sulfato de sódio deve ser inferior a 20%, e para sulfato de magnésio deve ser inferior a 30%.

Este ensaio foi realizado no Laboratório de Pavimentação – UFSC, e cedido pela empresa SETEP Construções Ltda.

2.6 ENSAIO DE EQUIVALENTE DE AREIA

De acordo com Bernucci *et al.* (2008), alguns agregados podem conter materiais impróprios para o uso em pavimentação, a menos que essa quantidade seja pequena, como vegetais, conchas e grumos de argilas sobre a superfície do agregado graúdo.

O ensaio de equivalente de areia determina a proporção relativa entre a quantidade de argila ou pó em amostras de agregados miúdos.

Este procedimento deve ser realizado com uma amostra de agregados de partículas menores do que 4,8mm, imerso em uma proveta contendo solução de cloreto de cálcio-glicerina-formaldeído e mantida em repouso por 20 minutos. Após esse procedimento, o conjunto é misturado por 30 segundos e preenchido pela solução, em um nível pré-determinado, e deixado em repouso por mais 20 minutos. Após esse período, é determinada a altura da argila em suspensão e a altura do agregado depositado por sedimentação. Este ensaio deve ser executado de acordo com o método de ensaio DNER-ME 054/97

A relação entre a altura do agregado depositado por sedimentação e da altura da argila em suspensão deve ser superior a 55%, de acordo com a especificação técnica DER/SP ET-DE-P00/008.

Este ensaio foi realizado no Laboratório de Pavimentação do Curso de Engenharia Civil da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC).

2.7 ENSAIO DE ABSORÇÃO

Para determinar a porosidade de um agregado, normalmente este deve ser indicado pela quantidade de água que este absorve quando imerso.

Para Bernucci et al. (2008, p. 142):

“A absorção é a relação entre a massa de água absorvida pelo agregado graúdo após 24 horas de imersão (DNER-ME 081/98) à temperatura ambiente e massa inicial de material seco, sendo determinada para permitir o cálculo das massas específicas, real e aparente, do agregado”.

Este ensaio foi realizado no Laboratório de Pavimentação – UFSC, e cedido pela empresa SETEP Construções Ltda.

2.8 DENSIDADE REAL E DENSIDADE APARENTE DOS AGREGADOS

A densidade é uma ferramenta utilizada para conversão de massa e volume. É definida como a razão da massa de um dado volume, dividida pela massa de igual volume de água.

A densidade real do agregado é determinada através da relação da massa seca e do volume real do agregado, sendo este volume real constituído do volume dos

sólidos, desconsiderando o valor de quaisquer poros da superfície. Este ensaio é realizado através do método de ensaio DNER-ME 084/95.

Já na densidade aparente, deve ser considerado o material como um todo, sem descontar os vazios, onde deve ser realizada uma relação entre a massa seca e o volume do agregado sólido e o volume dos poros superficiais contendo água. É medido quando o agregado encontra-se na condição de superfície saturada seca, sendo feita a remoção da água cuidadosamente através de um tecido absorvente. Para a densidade aparente, deve-se utilizar método de ensaio DNER-ME 081/98.

Ambos os ensaios foram realizados no Laboratório de Pavimentação – UFSC, e cedidos pela empresa SETEP Construções Ltda.

2.9 ENSAIO DE MÁXIMA DENSIFICAÇÃO E ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA

A densificação é um procedimento de estabilização de solos, que se dá pela aplicação de alguma forma de energia, podendo ser essa por vibração, impacto, compressão estática ou dinâmica.

O efeito da compactação dá ao solo um aumento de peso específico e maior resistência ao cisalhamento. Conseqüentemente, por ter a intenção de aproximar os grãos, ocorre à diminuição do índice de vazios, permeabilidade e compressibilidade. Através deste ensaio, é possível obter a correlação entre o teor de umidade e densidade do solo seco, quando compactado com determinada energia, sendo esta chamada de Proctor, podendo ser Normal, Intermediária ou Modificada.

Em campo, o ensaio busca avaliar quantas passadas de rolo deve-se dar na pista. Sabe-se que, com cada passada do rolo compactador liso é incrementada mais energia, aumentando até certo limite a densidade seca máxima, resultando assim num maior entrosamento dos grãos. Porém, quando submetido a este atrito entre os grãos, o agregado acaba degradando, sendo assim, a densidade seca máxima começa a diminuir.

A máxima densificação é imprescindível, pois melhora as condições de estabilização das camadas do pavimento, evitando o surgimento de trincas e deformações plásticas permanentes.

Para a aplicação da máxima densificação, deve ser respeitado o índice de degradação máximo, estabelecido pelo órgão fiscalizador.

O ensaio é realizado através de três etapas, de acordo com a NBR 7182/86:

- a) Compactação do corpo de prova;
- b) Obtenção da curva de expansão;
- c) Medida de resistência à penetração.

Os ensaios de máxima densificação e ISC foram realizados no Laboratório de Pavimentação – UNESC.

2.10 ÍNDICE DE DEGRADAÇÃO

O ensaio de índice de degradação consiste em definir quanto o agregado, na densificação, reduziu seu tamanho, obtendo assim uma nova granulometria.

Para a realização deste ensaio, devem-se seguir as orientações do método de ensaio DNER-ME 398/99. Para isto, molda-se um novo corpo de prova na umidade ótima, aplicando o número de golpes estabelecidos no ensaio de máxima densificação, e então, depois de moldado, deve-se colocar o material numa estufa e refazer o ensaio de granulometria, a fim de obter qual a nova granulometria após a compactação e o valor do índice de degradação na energia Proctor (IDP), que deve ser limitado pela norma vigente. A especificação utilizada neste trabalho não define valores para este índice de degradação, no entanto, foi adotado para aceitação um $IDP \leq 6\%$, estipulado pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR), do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 ENSAIO DE ABRASÃO LOS ANGELES

O ensaio de abrasão fornece em percentagem a relação entre a perda de material em peso e o peso inicial da amostra, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Abrasão Los Angeles

	Brita 9,5mm – 19,1 mm	Resultados (g)
Amostra antes do ensaio	Passante na #19 e retido na #12,5	2501,3
	Passante na #12,5 e retido na #9,5	2499,4
	TOTAL:	5000,7
	Amostra após o ensaio	
	Passante na #19 e retido na #12,5	1268,8
	Passante na #12,5 e retido na #9,5	1042,1
	Retido na #1,7	2107,7
	TOTAL:	4418,6
% DE DESGASTE:		11,64%

Fonte: Laboratório de pavimentação - UFSC.

De acordo com a especificação técnica DER/SP ET-DE-P00/008, o desgaste a abrasão deve ser inferior a 50%, sendo obtido no ensaio um valor de 11,64%, o qual atende a especificação. Este valor indica que o agregado apresenta elevada resistência a quebras, degradação e desintegração devido à ação do tráfego.

3.2 ENSAIO DE ÍNDICE DE FORMA

O ensaio de índice de forma consiste na média da relação entre o comprimento e a espessura do grão, sendo que esta média deve ser superior a 0,5, segundo a especificação técnica DER/SP ET-DE-P00/008. Na Tabela 2 verificam-se os valores obtidos em ensaio.

Tabela 2 – Índice de forma

Peneira (mm)		Índice de forma	
Passante	Retida	Média	Desvio Padrão
19,1	12,75	2,71	0,97
12,75	9,5	3,02	1,22
MÉDIA GERAL		2,87	1,10%

Fonte: Laboratório de pavimentação - UFSC.

O resultado encontrado para índice de forma médio das frações foi de 2,87, com desvio padrão de 1,10%, estando esse enquadrado no que pede a especificação técnica DER/SP ET-DE-P00/008, como citado anteriormente. Este valor indica a forma cúbica do agregado, o que garante o intertravamento do mesmo, quando compactado, aumentando a sua resistência ao cisalhamento.

3.3 ENSAIO DE DURABILIDADE

O ensaio de durabilidade avalia a resistência à desintegração dos agregados sujeitos a ação do tempo. Neste ensaio utilizou-se uma solução de sulfato de magnésio, da qual se obteve os seguintes resultados, ilustrados na Tabela 3.

Tabela 3 – Durabilidade

	Brita 9,5mm – 19,1 mm	Resultados (g)
Amostra antes do ensaio	Passante na #19,1 e retido na #12,7	699,0
	Passante na #12,7 e retido na #9,5	300,6
	TOTAL:	999,6
	Amostra após 5 ciclos de imersão	Massa total:
	Percentual correspondente:	95,66%
	% DE PERDA:	4,34%

Fonte: Laboratório de pavimentação - UFSC.

De acordo a especificação técnica DER/SP ET-DE-P00/008, o valor aceitável para perda no ensaio de durabilidade, quando submetido à imersão com sulfato de magnésio, deve ser inferior a 30%, e foi encontrado 4,34%, valor esse que se encontra dentro do limite estabelecido e que demonstra a resistência do agregado a desintegração química, quando submetido às intempéries ambientais.

3.4 ENSAIO DE EQUIVALENTE DE AREIA

Alguns agregados contêm materiais impróprios para o uso em camadas do pavimento, a menos que essa quantidade seja considerada muito pequena. Esses

materiais podem ser vegetação, conchas ou grumos de argilas presentes na superfície do agregado. Para isso, deve ser feito a verificação através do ensaio de Equivalente de Areia, de acordo com o Método de Ensaio DNER-ME 054/97, que apresenta limites aceitáveis para a presença desses materiais.

Para o ensaio de equivalente de areia, foram utilizadas três amostras, das quais se obteve os seguintes resultados (Tabela 4):

Tabela 4 – Equivalente de areia

AMOSTRA	1	2	3
Leitura no topo da areia	7,70	7,90	8,00
Leitura no topo da argila	11,4	12,1	13,0
Equivalente de Areia (%)	68	65	62
Equivalente de areia – Média = 65%			

Fonte: Laboratório de pavimentação – IDT / UNESC.

Analisando os dados fornecidos na Tabela 4 juntamente com a especificação técnica DER/SP ET-DE-P00/008, conclui-se que o valor do equivalente de areia encontra-se acima do solicitado na especificação (55%), sendo então o agregado aprovado por este ensaio.

3.5 DENSIDADE APARENTE, DENSIDADE REAL E ABSORÇÃO

Para definir os valores de densidade real, foi utilizado o método do picnômetro, estabelecido no método de ensaio DNER-ME 084/95, e para determinar absorção e densidade aparente do agregado, foi utilizado o método de ensaio do cesto hidrostático – NBR-ME 081/98.

Na Tabela 5 encontram-se as médias obtidas para os ensaios de densidade aparente, densidade real e absorção, para o agregado graúdo.

Tabela 5 – Densidades e absorção média do agregado graúdo

Densidade aparente (g/cm ³)	Densidade real (g/cm ³)	Absorção (%)
Média → 2,988	Média → 2,997	Média → 0,30

Fonte: Laboratório de Pavimentação – UFSC.

3.6 COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA

Primeiramente, foi estabelecido a média de granulometria para cada material correspondente da mistura (Brita 1.1/2", brita 1", Pedrisco e Pó de pedra), verificado na Tabela 6.

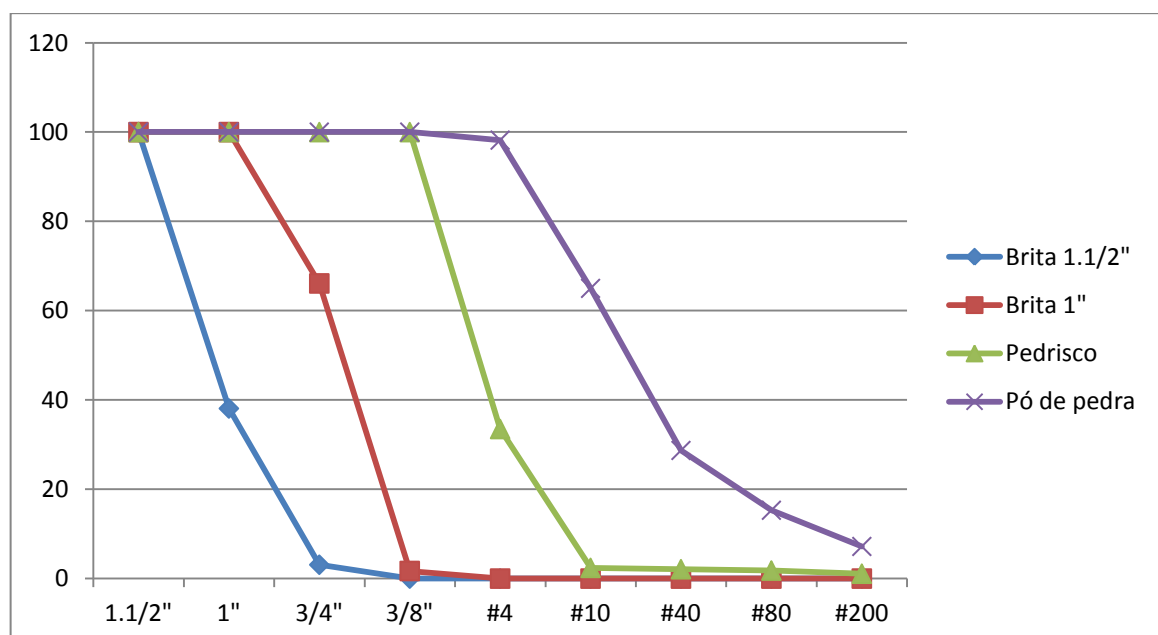
Tabela 6 – Média das granulometrias % em peso passando

Peneiras	Brita 1.1/2"	Brita 1"	Pedrisco	Pó de Pedra
1.1/2"	100,0	100,0	100,0	100,0
1"	38,1	100,0	100,0	100,0
3/4"	3,1	66,1	100,0	100,0
3/8"	0,0	1,7	100,0	100,0
4	0,0	0,0	33,5	98,2
10	0,0	0,0	2,4	65,0
40	0,0	0,0	2,1	28,7
80	0,0	0,0	1,8	15,3
200	0,0	0,0	1,1	7,2

Fonte: Laboratório de Pavimentação – UNESC.

Estes valores podem ser vistos no gráfico de distribuição granulométrica, ilustrado na Figura 1.

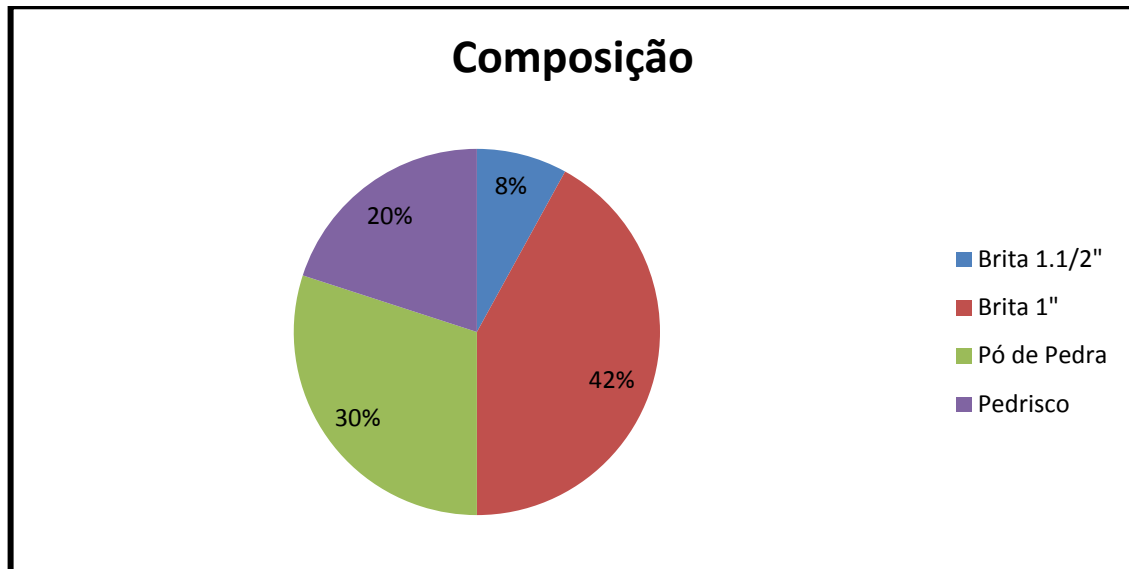
Figura 1 – Gráfico de distribuição granulométrica



Fonte: Laboratório de Pavimentação – UNESC.

A partir das médias encontradas, determinou-se a composição granulométrica da mistura, ilustrada na Figura 2.

Figura 2 – Composição Granulométrica



Fonte: Laboratório de Pavimentação – UNESC.

Após determinar a composição granulométrica, obtiveram-se os valores da granulometria encontrada, sendo que esta deve se enquadrar na Faixa Granulométrica Recomendada para Base Drenante da especificação técnica DER/SP ET-DE-P00/008, e também na faixa de trabalho, sendo esta concebida pelas tolerâncias fornecidas nesta especificação, como se verifica na Tabela 7.

Tabela 7 – Faixa Granulométrica Recomendada para Base Drenante

ASTM	Mm	Granulometria Encontrada	Faixa de Trabalho	Granulometria Especificação
1 1/2"	37,5	100,0	100,0	100,0
1"	25,0	95,0	90,0 – 100,0	90,0 – 100,0
3/4"	19,0	78,0	75,0 – 85,0	75,0 – 99,0
3/8"	9,5	50,7	45,0 – 57,7	45,0 – 64,0
Nº 4	4,8	36,2	31,2 – 41,2	30,0 – 45,0
Nº 10	2,0	20,0	18,0 – 25,0	18,0 – 33,0
Nº 40	0,42	9,0	7,0 – 14,0	7,0 – 17,0

Fonte: Laboratório de Pavimentação – UNESC

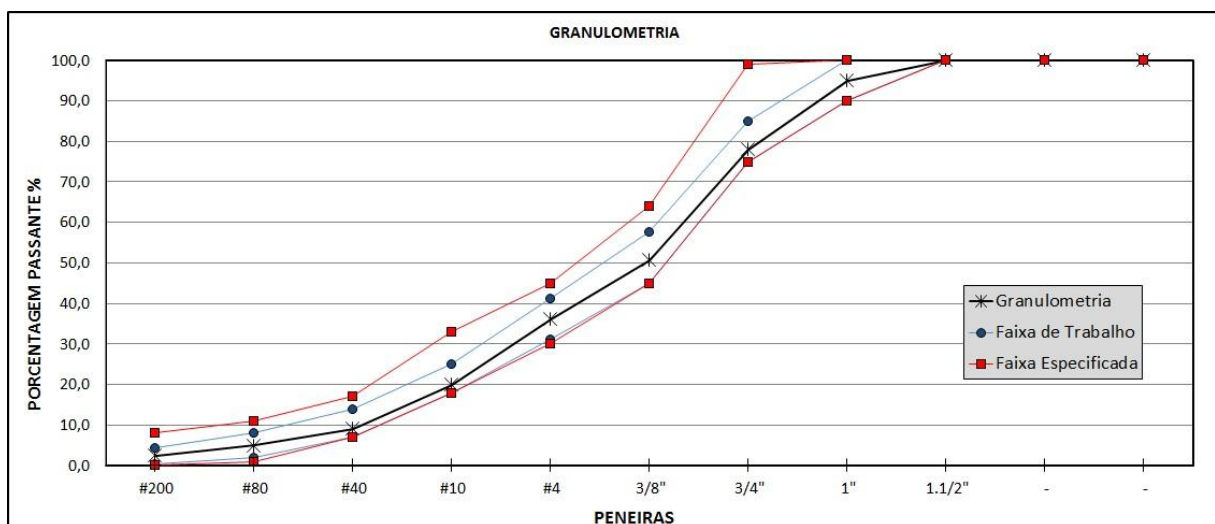
(Tabela 7 – continuação)

ASTM	Mm	Granulometria Encontrada	Faixa de Trabalho	Granulometria Especificação
Nº 80	0,18	5,0	2,0 – 8,0	1,0 – 11,0
Nº 200	0,075	2,4	0,4 – 4,4	0,0 – 8,0

Fonte: Laboratório de Pavimentação – UNESC.

Com base nos valores de granulometria encontrados, obteve-se o seguinte gráfico, analisado na Figura 3.

Figura 3 – Curva granulométrica



Fonte: Laboratório de Pavimentação – UNESC.

A curva granulométrica encontrada é de um material bem graduado e contínuo, com insuficiência de material fino para preencher os vazios entre as partículas maiores.

3.7 ENSAIO DE MÁXIMA DENSIFICAÇÃO E ÍNDICE DE DEGRADAÇÃO

Os ensaios de densificação foram realizados utilizando energia proctor modificada, de acordo com a NBR 7182/86, aplicando 55, 65, 75, 85 e 95 golpes, respectivamente, com o objetivo de se obter a densidade seca máxima e a umidade ótima para cada número de golpes, ou seja, para cada densificação. Também foram determinados o Índice de Suporte Califórnia (ISC) e a Expansão para cada densificação, de acordo com a NBR 9895/87. Os valores obtidos encontram-se na Tabela 8.

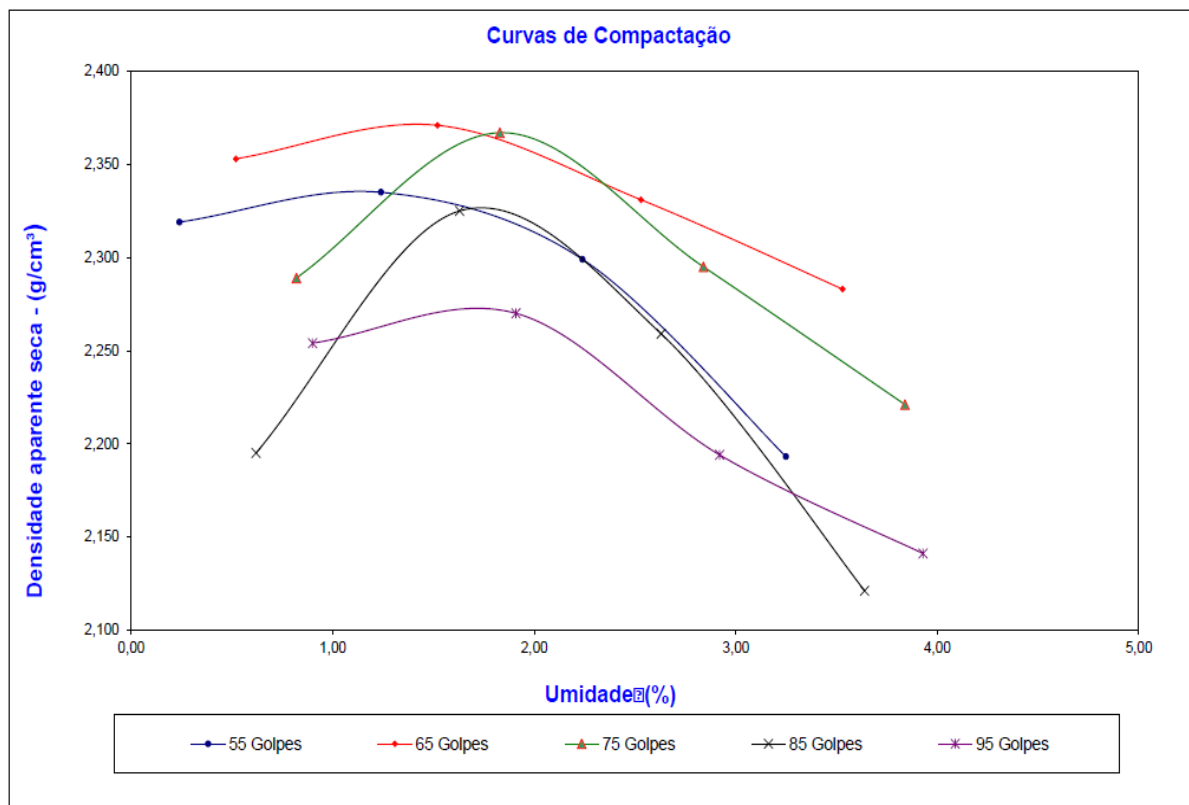
Tabela 8 – Ensaio de densificação máxima

Número de Golpes	$\gamma_{sm\acute{a}x}$ (g/cm ³)	$h_{\acute{o}timo}$ (%)	ISC (%)	Expansão (%)
55	2,336	1,0	85,9	0,00
65	2,372	1,3	136,9	0,00
75	2,367	1,8	152,0	0,00
85	2,328	1,8	121,0	0,00
95	2,275	1,6	110,3	0,00

Fonte: Laboratório de Pavimentação – UNESC.

A Figura 4 apresenta as curvas de compactação obtidas para cada densificação.

Figura 4 – Curvas de compactação para cada densificação

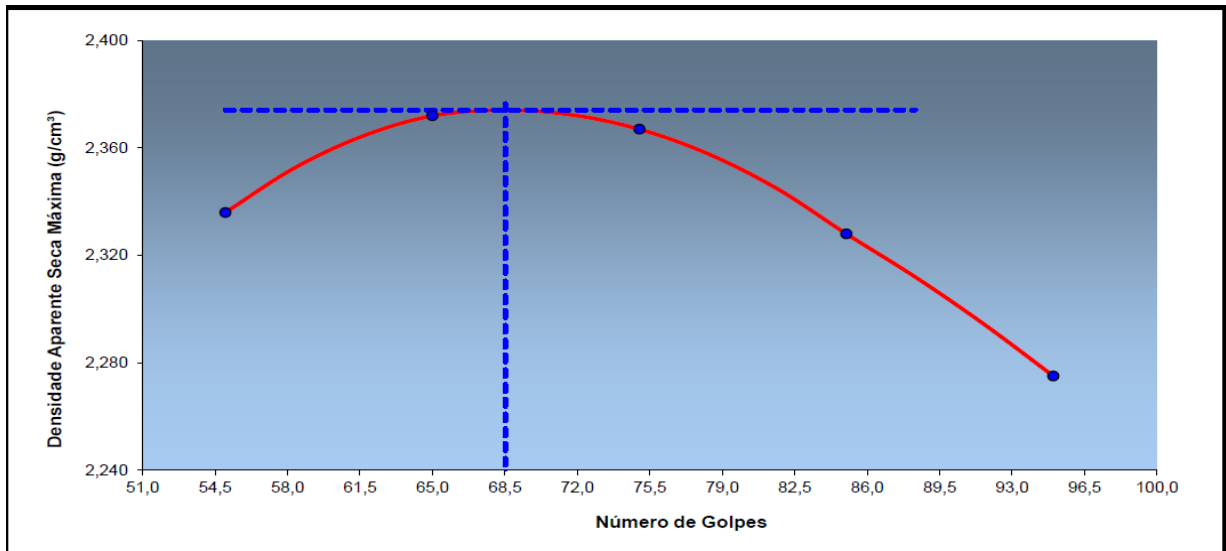


Fonte: Laboratório de Pavimentação - UNESC.

Através do gráfico de curvas de compactação para cada densificação, foi possível determinar o maior valor para a densidade aparente seca máxima, sendo esta de valor igual a 2,374g/cm³.

Para esta densidade aparente seca máxima, determinou-se o número de golpes considerado ideal para a composição da mistura da camada de base de brita graduada simples, ilustrado na Figura 5.

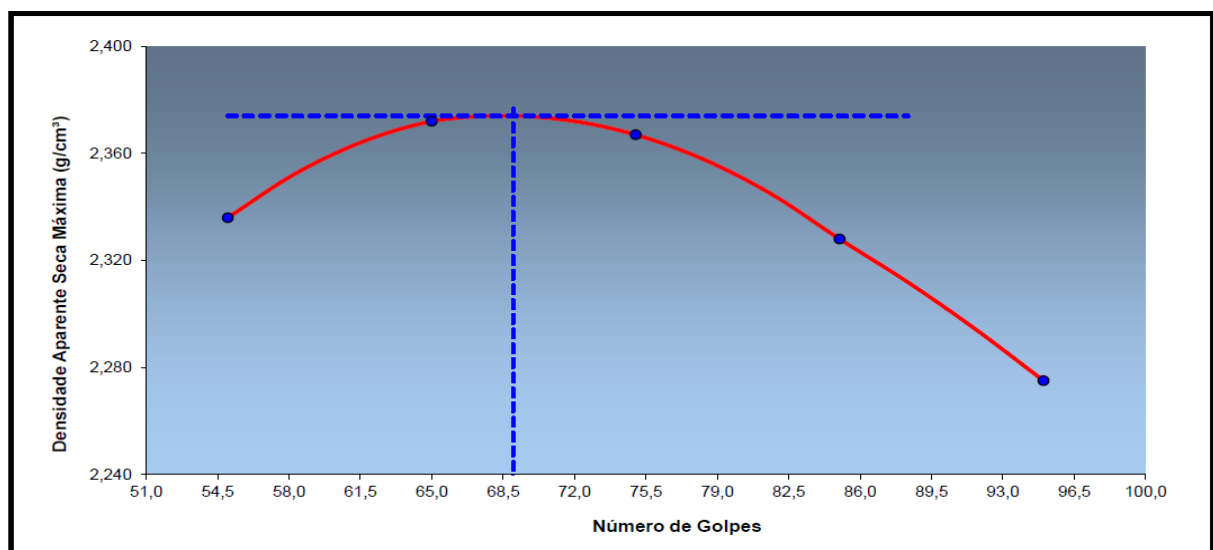
Figura 5 – Gráfico $\gamma_{sm\acute{a}x}$ x Número de Golpes



Fonte: Laboratório de Pavimentação – UNESC.

Determinou-se então graficamente que para a densidade seca máxima de 2,374 g/cm³, o número de golpes encontrado foi de 68,5. No entanto, adotou-se o valor de 69 golpes. Este valor não alterou o valor de densidade aparente seca máxima, como observado na Figura 6.

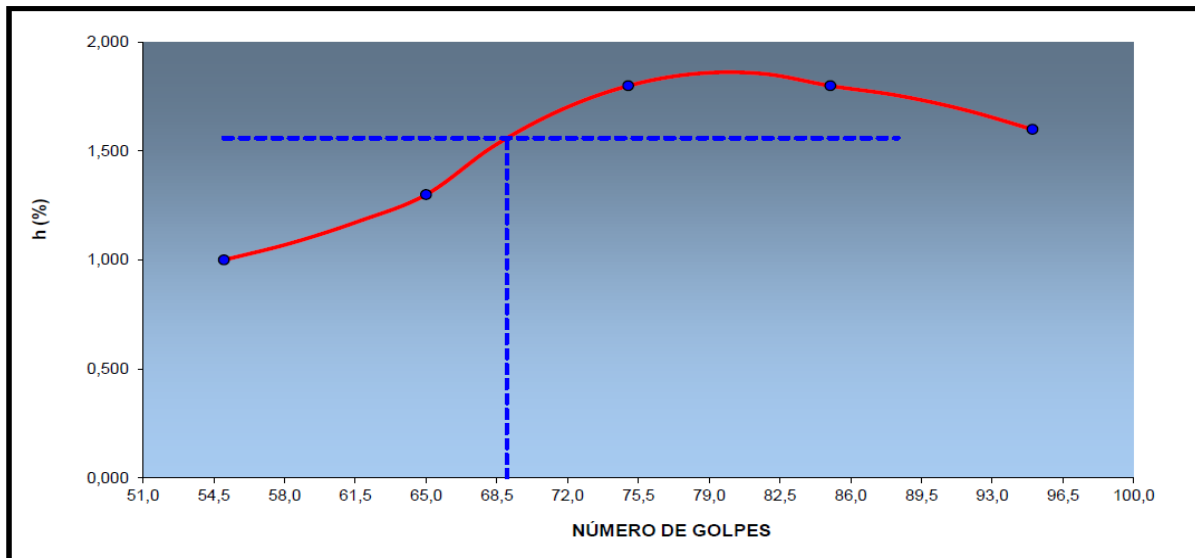
Figura 6 – 69 golpes



Fonte: Laboratório de Pavimentação – UNESC.

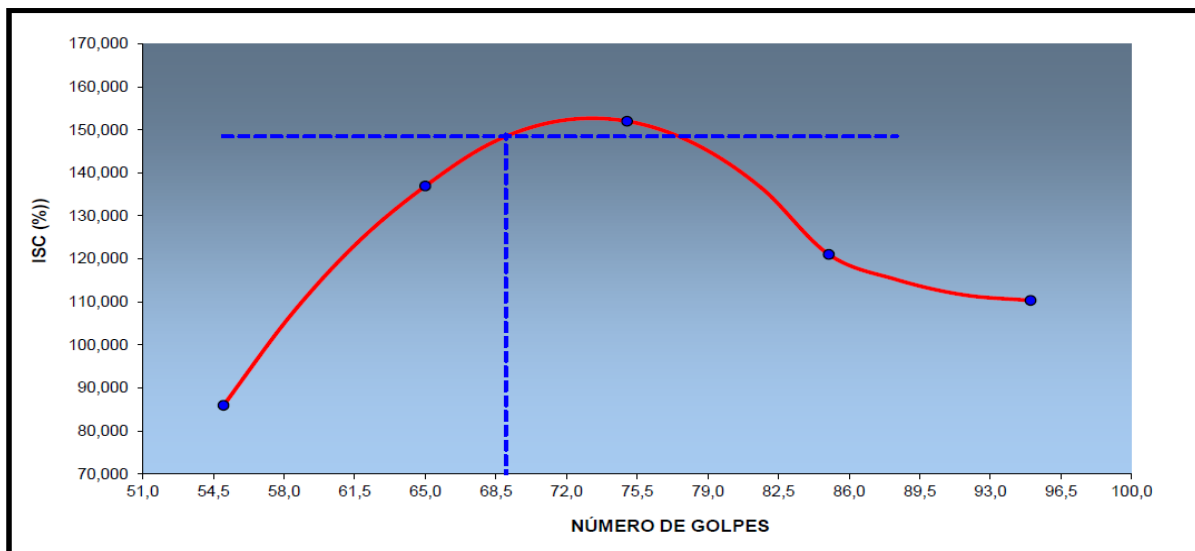
Com base no número de golpes (69), pôde-se então determinar o valor da umidade ótima e ISC, representados nas Figuras 7 e 8, respectivamente.

Figura 7 – Gráfico $h_{ótima}$ x Número de golpes



Fonte: Laboratório de Pavimentação – UNESC.

Figura 8 – Gráfico ISC x Número de golpes



Fonte: Laboratório de Pavimentação – UNESC.

Observou-se que, a partir do número de golpes estabelecido através da densidade aparente seca máxima, o valor para umidade ótima foi igual a 1,6%, e de ISC foi de 148,5%.

A especificação técnica DER/SP ET-DE-P00/008 determina que, para bases do tipo drenante, o ISC seja igual ou superior que 100%, o qual foi atendido neste projeto.

Para a expansão, os valores obtidos ficaram em 0,0%, logo, ficando abaixo do limite especificado que é de 0,3%.

O índice de degradação foi calculado de acordo com os dados obtidos através da densidade aparente seca máxima, obtendo então uma nova granulometria, como pode ser verificada na Tabela 9.

Tabela 9 – Índice de degradação

Peneira	1"	3/4	3/8	Nº 4	Nº10	Nº40	Nº 80	Nº100
Gran. Antes da compactação	93,4	76,0	50,0	36,7	21,8	10,4	6,9	3,8
Gran. Após a compactação	94,0	78,4	51,6	40,2	25,7	12,3	8,4	4,8
Diferença (D)	0,6	2,4	1,6	3,5	3,9	1,9	1,5	1,0

Fonte: Laboratório de Pavimentação – UNESC.

Para a obtenção do valor do índice de degradação (IDP), deve-se fazer o seguinte cálculo:

$$IDP = \frac{\sum D}{N}$$

Onde "D" seria a diferença entre as duas granulometrias e "N" o número de peneiras utilizadas, sendo D = 16,4% e N = 8, obtendo-se assim o valor de IDP = 2,05%, o qual se encontra abaixo do especificado nesse estudo, que é de no máximo 6%. Cabe salientar que a especificação vigente neste trabalho não informa valores relativos para o Índice de Degradação.

4. DEFINIÇÃO DO PROJETO DE BASE DRENANTE

A Tabela 10 apresenta o resumo dos resultados dos ensaios de caracterização do agregado adotado no projeto de base drenante.

Tabela 10 – Caracterização do agregado

	Abrasão	Índice de Forma	Durabilidade	Equivalente de areia
Especificação	< 50,00%	>0,5	< 30,00%	>55,00%
Encontrado	11,64%	2,87	4,34%	65,00%

Fonte: O autor.

A análise dos resultados da Tabela 10 qualifica o agregado da pedreira de material diabásio, localizada no município de Urussanga – SC, no bairro de Rio Maior, explorada pela empresa SETEP Construções Ltda, para utilização em camada de base drenante, segundo os critérios estabelecidos pela especificação DER/SP ET-DE-P00/008.

A tabela 11 apresenta o resumo do projeto de base drenante obtida no presente trabalho.

Tabela 11 – Composição Granulométrica

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA	
Brita 1.1/2"	8,0%
Brita 1"	42,0%
Pedrisco	20,0%
Pó de Pedra	30,0%
MÁXIMA DENSIFICAÇÃO	
Energia	69 golpes
$\gamma_{sm\acute{a}x}$ (g/cm³)	2,374
$h_{\acute{o}tima}$ (%)	1,6
ISC (%)	148,5
Expansão (%)	0,0
IDP (%)	2,05

Fonte: O autor.

5. CONCLUSÕES

Após a realização dos ensaios pertinentes para caracterização do agregado, de acordo com a especificação técnica DER/SP ET-DE-P00/008, pôde-se concluir que o agregado encontra-se apto para uso no projeto de camada de base drenante.

A camada de base drenante apresenta uma granulometria bem graduada, contínua, porém com insuficiência de material fino, o que caracteriza uma camada do tipo drenante, ou seja, precisa de vazios para que a água percole com maior facilidade.

A baixa umidade ótima (1,6%) da camada de base drenante se deve a baixa absorção do agregado graúdo, que é de 0,3% em média, e a ausência de finos.

O controle tecnológico de compactação da camada de base drenante obtida no presente trabalho deverá levar em consideração o grau de compactação estipulado na especificação DER/SP ET-DE-P00/008, o qual deve ser maior ou igual a 100% do proctor modificado (69 golpes), desconsiderando o critério de umidade ótima, estipulado por esta especificação. Isso se deve ao fato do intervalo de variação da umidade ótima estabelecido por esta especificação, isto é, de $\pm 2,0\%$, qualificar os valores de umidade ótima obtidos, em todos os pontos do ensaio, de máxima densificação (55, 65, 75, 85 e 95 golpes).

Fica como sugestão para trabalhos futuros a execução em um trecho experimental da camada de base drenante obtida neste trabalho, com intuito de verificar o comportamento drenante da mesma, em pavimentos intertravados e em acostamentos de pavimentos em Concreto Asfáltico Usinado a Quente (CAUQ).

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregado graúdo – Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro – Método de ensaio.** NBR 7809. Rio de Janeiro, 1983.

_____. **Solo - Ensaio de compactação.** NBR 7182. Rio de Janeiro, 1986.

_____. **Solo – Índice de suporte Califórnia – Método de ensaio.** NBR 9895. Rio de Janeiro, 1987.

_____. **Terminologia e classificação de compactação.** NBR 7207. Rio de Janeiro, 1982.

BERNUCCI, L.B., MOTTA, L. M. G., CERATTI, J. A. P., SOARES, J. B. (2008) Pavimentação asfáltica : formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro : PETROBRAS: ABEDA, 504 f.

DER/SP - DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Sub-base ou base de brita graduada:** ET-DE-P00/008. São Paulo, 2005.

_____ **DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. Agregado miúdo – Determinação de densidade real.** DNER-ME 084. Rio de Janeiro, 1995.

_____ **Agregados – Análise granulométrica.** DNER-ME 083. Rio de Janeiro, 1998.

_____ **Agregados – Avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio.** DNER-ME 089. Rio de Janeiro, 1994.

_____ **Agregados – Determinação da abrasão “Los Angeles”.** DNER-ME 035. Rio de Janeiro, 1998.

_____ **Agregados – Determinação da absorção e da densidade para agregado graúdo.** DNER-ME 081. Rio de Janeiro, 1998.

_____ **Agregados – Índice de degradação após compactação Proctor.** DNER-ME 398. Rio de Janeiro, 1999.

_____ **Equivalente de areia.** DNER-ME 054. Rio de Janeiro, 1997.