



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG



CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS - CTRN
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL
COORDENAÇÃO DE ESTÁGIO



RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Supervisor: *Marco Aurélio de Teixeira e Lima*

Aluno: *Antonio Carlos Xavier Portugal*

Matrícula: *20121067*

CAMPINA GRANDE - Março de 2008



Biblioteca Setorial do CDSA. Julho de 2021.

Sumé - PB

Índice

1. APRESENTAÇÃO	05
2. CARACTERÍSTICAS DA OBRA	06
3. ENSAIOS LABORATORIAIS DE SOLO	09
3.1 - Compactação	09
3.1.1 - <i>Controle da Compactação (DNER - ME 092/94)</i>	11
3.1.2 - <i>Execução do ensaio</i>	11
3.2 - Índice de Suporte Califórnia (CBR)	12
3.2.1 - <i>Execução do ensaio</i>	13
3.3 - Análise Granulométrica	14
3.3.1 - <i>Granulometria (DNER - ME 051/94 e DNER - ME 080/94)</i>	14
a) <i>ensaios de granulometria por peneiramento</i>	15
b) <i>ensaios de granulometria por sedimentação</i>	15
3.3.2 - <i>Execução do ensaio</i>	16
3.4 - Limites de Consistência	17
3.4.1 - <i>Limite de Liquidez e Plasticidade</i>	17
3.4.2 - <i>Execução do ensaio</i>	18
4. ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DO CONCRETO	18
4.1 - <i>Traçado do Concreto</i>	19
4.2 - <i>Ensaio de Caracterização dos Materiais</i>	20
4.3 - <i>Ensaio de Caracterização do Concreto</i>	20
5. EXECUÇÃO E CONTROLE TECNOLÓGICO DO PAVIMENTO RÍGIDO	21
5.1 - <i>Característica do Subleito</i>	23
5.2 - <i>Estudo do Traçado</i>	24
5.3 - <i>Projeto de Sub-base</i>	24
5.4 - <i>Projeto de Drenagem</i>	25
5.4.1 - <i>Drenagem superficial</i>	25
a) <i>Bueiros</i>	26
b) <i>Drenagem profunda</i>	26
6. CRONOGRAMA	27
7. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS PELO ESTAGIÁRIO	28
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
9. IMAGENS	32
10. ANEXOS	35
11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Lotes a cargo do Exército Brasileiro	07
Figura 2	Lote 5	07
Figura 3	Gráfico de Compactação	12
Figura 4	Gráfico de CBR	13
Figura 5	Gráfico de Granulometria	16
Figura 6	Gráfico de Limite de Liquidez	18
Figura 7	Seção Transversal Tipo – Pavimento de Concreto	24
Figura 8	Gráfico do Cronograma de Desembolso (R\$ 1.000,00)	27
Figura 9	Laboratório Central de Solos	32
Figura 10	Usina de Concreto	32
Figura 11	Remoção de Solo Mole	33
Figura 12	Terraplenagem	33
Figura 13	Aplicação de Geodreno e Geogrelha	34
Figura 14	Lançamento de CCR	34
Figura 15	CCR Lançado e Imprimado	34
Figura 16	Lançamento de Placa de Concreto	35
Figura 17	Execução do Corte na Placa de Concreto	35

LISTA DE TABELAS

Tabela I	Informações Gerais.....	08
Tabela II	Quantitativos dos Principais Serviços	08
Tabela III	Metas	08
Tabela IV	Peneiras.....	14
Tabela V	Metas a Alcançar até agosto de 2008	27
Tabela VI	Áreas de Solos Moles	28
Tabela VII	Áreas de desapropriação.....	29

LISTA DE ANEXOS

Anexo I	Ensaio de Compactação.....	36
Anexo II	Ensaio de CBR.....	37
Anexo III	Ensaio de Granulometria por Peneiramento.....	38
Anexo IV	Ensaio de Granulometria por Peneiramento 2.....	39
Anexo V	Ensaio de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade.....	40
Anexo VI	Resumo Estatístico de Concreto Simples para Placa.....	41
Anexo VII	Ensaio de Slump Teste Comparativo (Placa de Concreto).....	42

1. Apresentação

Este relatório descreve o acompanhamento do estágio supervisionado do aluno Antonio Carlos Xavier Portugal, matriculado no curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grandes

O estágio supervisionado sob a orientação do professor Marco Aurélio, foi desenvolvido num período de duração de 4(quatro) semanas, sendo desenvolvidas 45 horas semanais, totalizando 180 horas. Foi realizado nas obras de duplicação da BR 101, no trecho compreendido entre as cidades de João Pessoa-PB e Goiânia-PE, sob a responsabilidade do 1º Grupamento de Engenharia e Construção (1º GEC), situado na cidade de João Pessoa-PB.

2. Característica da Obra

Iniciada em dezembro de 2005, a adequação da capacidade e a duplicação da BR 101/NE dobrará a capacidade de fluxo rodoviário entre as capitais dos Estados de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. A nova pista está sendo construída em placas de concreto, com emprego de moderna tecnologia, enquanto a pista já existente vem sendo restaurada com emprego de Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), com as adequações necessárias para o atual volume de tráfego.

O trecho em obras, com uma extensão aproximada de 350 km, liga Natal (RN) a Palmares (PE) e está dividido em oito lotes. O Governo Federal incumbiu o Exército Brasileiro da execução de três deles, que atribuiu ao 1º Grupamento de Engenharia a coordenação das obras executadas diretamente por seus quatro Batalhões de Engenharia de Construção sediados no Nordeste. Para a realização das tarefas, o lote 5, o qual estagiei, está assim distribuído:

O lote 5, localizado no Estado da Paraíba, tem extensão de 54,9 km e foi entregue ao 2º Batalhão de Engenharia de Construção, com sede em Teresina (PI). O trecho tem início no entroncamento da BR 101 com a PB-025 (acesso à cidade de Lucena), atravessa as cidades de Bayeux e João Pessoa, e estende-se até a divisa do Estado de Pernambuco. O Batalhão planejou sua missão contemplando, em uma 1ª fase, o início da duplicação: desmatamento; obras de arte correntes; obras de arte especiais, com a construção de uma ponte, um viaduto e três passarelas; terraplanagem; sub-base em concreto compactado a rolo; construção da placa de concreto e trabalhos de drenagem. Para executar os trabalhos do pavimento em concreto, a Unidade adquiriu uma usina de concreto com capacidade de produção de 94m³/ h e uma pavimentadora de formas deslizantes, considerados os mais modernos equipamentos em operação na América do Sul. As instalações do Batalhão, que comportam efetivo aproximado de 400 militares e civis, estão localizadas na BR 101 no município de Alhandra (PB). Para a próxima fase da obra, estão previstos os serviços de recapeamento do asfalto da pista existente, em Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), a continuação do pavimento em concreto, drenagem e, construção e restauração de seis viadutos, seis pontes e cinco passarelas. A conclusão das obras está prevista para o 2º semestre de 2009.

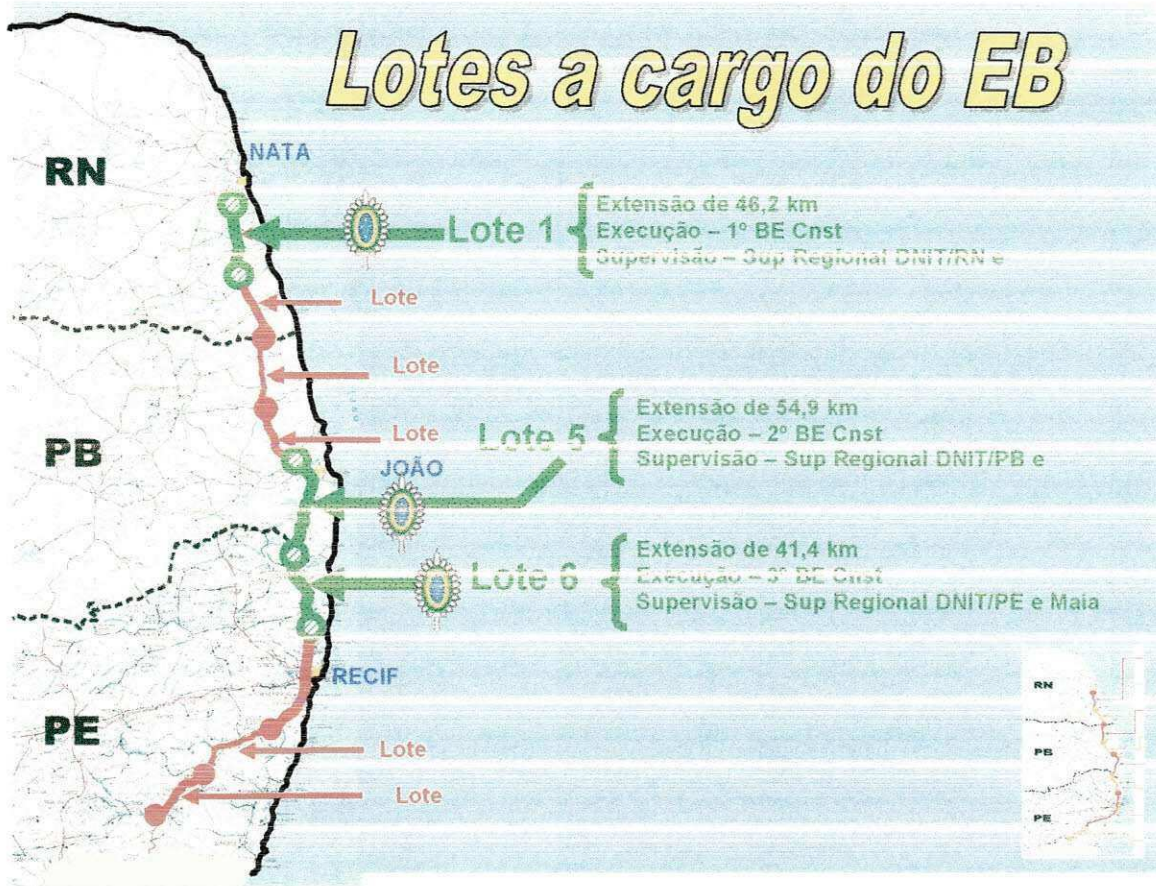


Figura 1 – Lotes a cargo do EB



Figura 2 – Lote 5

Tabela I – Informações Gerais

Valor (R\$)	178.761.341,26
Extensão (Km)	54,9
Dt Inicio	Dez/2005
Prev Término	Abr/2010
Restauração (Km)	64,3
Duplicação em áreas de solos moles (Km)	4,6

Tabela II – Quantitativos dos Principais Serviços

Descrição	Unid	Lote 1	Lote 5	Lote 6	Total
Extensão Total	Km	46,2	54,9	41,4	142,5
Extensão a duplicar	Km	38,0	43,1	41,4	122,5
Terraplenagem	m ³	1.141.000	2.063.000	2.530.000	5.734.000
Concreto Asfáltico	t	101.476	108.798	175.698	385.974
Concreto Simples de Cimento	m ³	64.452	86.769	87.773	238.994
Concreto compactado com rolo	m ³	32.155	43.051	43.232	118.438
Pontes (16) e Viadutos (10)	m	250	795	496	1.541
Passarelas	un	5	8	4	17

Tabela III – Metas

METAS – ATÉ MAIO/2008			
Principais Sv	Und	Quant Exec	Extensão (Km)
Terraplenagem	m ³	292.065	10,0
CBUQ	T	5.184	18,0
Sub-Base C. Rolado	m ³	8.602	9,5
Concreto da Placa	m ³	17.260	9,5

3. Ensaio Laboratoriais de Solo

3.1 - Compactação

Compactação é a operação da qual resulta o aumento da massa específica aparente de um solo (e de outros materiais, como misturas betuminosas, etc), pela aplicação de pressão, impacto ou vibração, o que faz com que as partículas constitutivas do material entrem em contato mais íntimo, pela expulsão de ar; com a redução da percentagem de vazios de ar, consegue-se também reduzir a tendência de variação dos teores de umidade dos materiais integrantes do pavimento, durante a vida de serviço.

Tomando uma massa de solo úmido P_h , com um dado volume inicial, num cilindro e aplicando-lhe um certo número "n" de golpes através da queda de altura H, de um soquete de peso P, resulta, após compactação, um certo volume V, chama-se energia de compactação ou esforço de compactação ao trabalho executado, referido à unidade de volume de solo após a compactação.

Os princípios gerais que regem a compactação são os seguintes:

a) a massa específica aparente seca (γ_s) de um solo, obtida após a compactação, depende da natureza do solo, de sua granulometria e da massa específica dos grãos (γ_g); varia, aproximadamente, entre os valores 1400kg/m³ e 2300 kg/m³;

b) para um dado solo e para um dado esforço de compactação, variando-se o teor de umidade do solo, pode-se traçar uma curva de compactação; há um teor de umidade chamado umidade ótima (h_{ot}), ao qual corresponde uma massa específica aparente seca máxima ($\gamma_{s,max}$);

c) para um dado solo, quanto maior for a energia de compactação, tanto maior será o γ_s e tanto menor será h_{ot} ;

d) para um dado solo e para um dado teor de umidade h, quanto maior for o esforço de compactação, tanto maior será o γ_s obtido;

e) há uma chamada linha de ótimos, que é o lugar geométrico dos vértices das curvas obtidas com diferentes esforços de compactação; a linha de ótimos separa os chamados ramos secos e ramos úmidos das curvas de compactação;

f) para um dado solo, a massa específica aparente seca máxima varia linearmente com o logaritmo de energia de compactação.

Há dois valores de γ_s de um solo que tem sentido físico bem definido:

a) a massa específica aparente seca no estado solto, que é a obtida sem exercer nenhum esforço de compactação sobre o solo, sendo um limite inferior de γ_s ;

b) a massa específica aparente seca máxima de um solo compactado até a eliminação dos

vazios e que se confunde com a massa específica dos grãos (γ_g), sendo um limite superior de γ_s , inatingível.

Com baixos teores de umidade (h), os solos oferecem resistência à compactação, resultando baixos valores de γ_s (para uma dada energia de compactação) e altas percentagens de vazios de ar ($a\%$); quando h aumenta, a água atua como lubrificante, tornando o solo mais trabalhável, resultando maiores valores de γ_s e menores valores de $a\%$; quando os vazios de ar diminuem e atingem um certo valor (para uma dada energia de compactação), a água e o ar, em conjunto, tendem a manter as partículas de solo afastadas, dificultando qualquer diminuição posterior dos vazios de ar. Aumentando-se os teores de umidade (h) de compactação, os vazios totais (ocupados por ar e por água) continuam a crescer, resultando em menores valores de γ_s .

O efeito do acréscimo da energia nos valores de γ_s , é mais sensível, para teores de umidade inferiores a h_{ot} (como decorre da própria forma das curvas de compactação), onde são maiores as percentagens de vazios de ar.

Os solos bem graduados, geralmente apresentam curvas de compactação com um máximo pronunciado, ao contrário dos solos de graduação uniforme, que se caracterizam por curvas achatadas.

Na construção de todas as camadas de um pavimento, intervém a operação de compactação, cujos objetivos são obter uma máxima estabilidade e atenuar os recalques devidos ao tráfego. Um pavimento, durante sua vida de serviço, sofrerá deformações elásticas (inevitáveis) e deformações plásticas, que podem ter uma dupla origem:

- a) com escoamento lateral, o volume aproximadamente constante e correspondente a falta de estabilidade;
- b) com diminuição de volume, o que significará recalques e aumento da compacidade.

Não se deve perder de vista que as condições de rolamento de um pavimento ou o desempenho de sua superfície, durante a vida de serviço, dependem muito de uma compactação bem executada durante a construção, sendo de todo interesse, pois, uma boa compacidade inicial, sobre a qual o tráfego, em si mesmo não terá muito efeito. Este objetivo não pode, no entanto, obviamente, ser alcançado de um modo absoluto, e variações acidentais no teor de umidade, no próprio solo e no emprego do equipamento de compactação, conduzem a variações na compacidade, na estabilidade e na umidade finais dos materiais.

Pode-se dizer que, de modo quase geral, com um aumento de compacidade, há um aumento de resistência a cisalhamento, e uma diminuição da deformabilidade. Muitas vezes, no entanto, em casos especiais (como no caso de solos expansivos), é inútil uma compacidade inicial muito elevada, que não se manterá em serviço.

3.1.1- Controle da Compactação (DNER – ME 092/94)

Para comprovar se a compactação está sendo feita devidamente, deve-se determinar sistematicamente a umidade e a massa específica aparente do material.

Para esse controle pode ser utilizado o speedy na determinação da umidade (DNER ME 052/94), e processo do frasco de areia na determinação da massa específica (DNER ME 092/94).

Chama-se grau de compactação, ao quociente resultante da divisão da massa específica obtida no campo, pela massa específica máxima obtida no laboratório.

$$G = \frac{\gamma_{(Campo)}}{\gamma_{(Laboratório)} \times 100}$$

Não sendo atingida a compactação desejada, a qual não deverá ser inferior a determinado valor do grau de compactação (fixada pela especificação adotada), o material será revolvido e recompactado.

3.1.2- Execução do ensaio

O ensaio de compactação consiste em compactar uma amostra dentro de um recipiente cilíndrico, em cinco camadas sucessivas, sob a ação de 12 golpes de um soquete pesando 4,536kg caindo de 30,5 cm de altura. o ensaio é repetido para diferentes teores de umidade, determinando-se para cada um deles, o peso específico aparente.

Com os valores obtidos, traça-se a curva $\gamma_s \times$ teor de umidade, obtendo-se o ponto correspondente a umidade ótima h (hot) e densidade máxima ($\gamma_{s, \max}$) usados para liberação do corpo de aterro e camada final, traça-se a curva de forma que dos cinco pontos dois deles se encontrem no ramo ascendente (zona seca), um próximo á umidade ótima e os outros dois no ramo descendente da curva (zona úmida).

Com os dados acima fazemos o controle de compactação na obra, onde realizamos o ensaio de densidade in situ e verificamos o grau de compactação e controle da umidade do solo trabalhado. (ANEXO nº 1) .

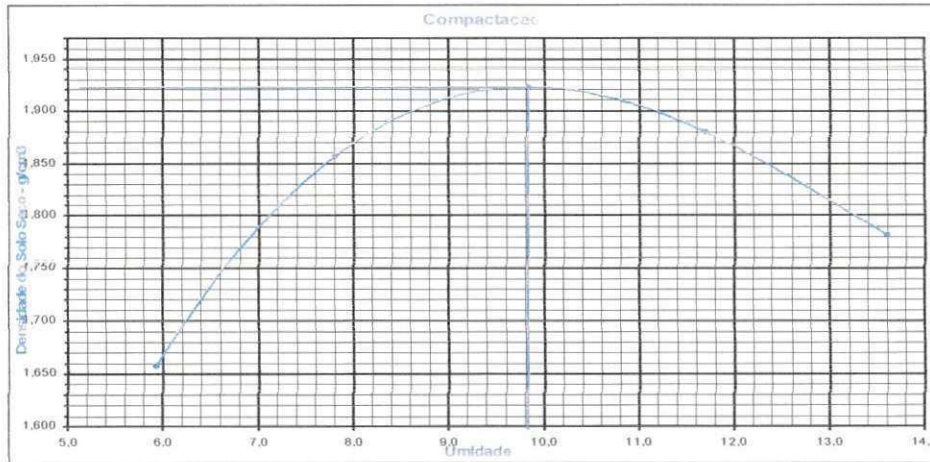


Figura 3 – Gráfico de Compactação

3.2 – Índice de Suporte de Califórnia (CBR)

O ensaio de CBR consiste na determinação da relação entre a pressão necessária para produzir uma penetração de um pistão num corpo-de-prova de solo, e a pressão necessária para produzir a mesma penetração numa brita padronizada.

O valor dessa relação, expressa em percentagem, permite determinar, por meio de equações empíricas, a espessura de pavimento flexível necessária, em função do tráfego.

Em linhas, a seqüência do ensaio é a seguinte:

a) compacta-se no molde o material, em cinco camadas iguais de modo a se obter uma altura total de solo com cerca de 12,5 como, após a compactação. Cada camada recebe 12 golpes do soquete (caso de materiais para subleito), 26 ou 55 (caso de materiais para sub-base e base), caindo de 45,7 como, distribuídos uniformemente sobre a superfície da camada. O peso do soquete é de 4,5Kg.

b) após a compactação, rasa-se o material na altura exata do molde e retira-se do material excedente da moldagem uma amostra representativa com cerca de 100g para determinar a umidade.

c) compactam-se outros corpos-de-prova com teores crescentes de umidade, tantas vezes quantas necessárias para caracterizar a curva de compactação.

d) colocam-se os corpos-de-prova imersos em água durante quatro dias.

e) a penetração dos corpos-de-prova é feita numa prensa, a uma velocidade constante de 0,05 pol/min.

f) traça-se a curva pressão-penetração. Caso exista um ponto de inflexão, traça-se uma tangente à curva nesse ponto até que ela intercepte o eixo das abscissas; a curva corrigida será então essa tangente mais a porção convexa da curva original, considerada a origem mudada para o ponto em que a tangente corta o eixo das abscissas. Seja "c" a distância desse ponto à origem dos eixos.

Soma-se às abscissas dos pontos correspondentes as penetrações de 0,1 e 0,2 polegadas a distâncias “c”. Com isso obtêm-se, na curva traçada, os valores correspondentes das novas ordenadas, que representam os valores das pressões corrigidas para as penetrações referidas.

g) o índice de Suporte Califórnia (CBR), em percentagem, para cada corpo-de-prova é obtido pela fórmula:

$$\text{CBR} = \frac{\text{Pressão calculada ou pressão corrigida}}{\text{Pressão padrão}}$$

Adota-se para o índice CBR o maior dos valores obtidos nas penetrações de 0,1 e 0,2 polegadas.

h) para o cálculo do Índice de Suporte Califórnia (CBR) final, registram-se de preferência, na mesma folha em que se representa a curva de compactação, usando a mesma escala das umidades de moldagem, sobre o eixo das ordenadas, os valores dos índices do Suporte Califórnia (CBR) obtidos, correspondentes aos valores das umidades que serviram para a construção da curva de compactação. O valor da ordenada desta curva, correspondente à umidade ótima já verificada, mostra o Índice do Suporte Califórnia.

3.2.1- Execução do ensaio

O ensaio é feito com a amostra de solo passando na peneira $\frac{3}{4}$ ", compactada num molde, durante a compactação, usa-se um disco maciço de aço com 7,5 cm de altura como fundo falso deste cilindro. O corpo de prova é compactado na mesma energia usada na compactação, estando antes umedecida na umidade ótima previamente determinada.

A determinação da expansão do material, devida à absorção de água, é feita colocando-se o corpo de prova previamente compactado, colocando-se sobre ele um papel filtro e, acima deste um disco perfurado munido de uma haste ajustável, com uma sobrecarga de disco anelares de peso 4,5 kg, equivalente ao peso do pavimento. A seguir imerge-se o cilindro com a amostra compactada, junto com o disco e a sobrecarga, dentro de um depósito cheio d'água, durante quatro dias. Sobre a haste coloca-se um extensômetro montado em tripé, ajustando à leitura.

A medição da resistência à penetração é feita através do punctionamento na face superior da amostra, de um pistão com aproximadamente 5cm de diâmetro, sob uma velocidade de penetração de 1,25 mm/min. (ANEXO nº 2)

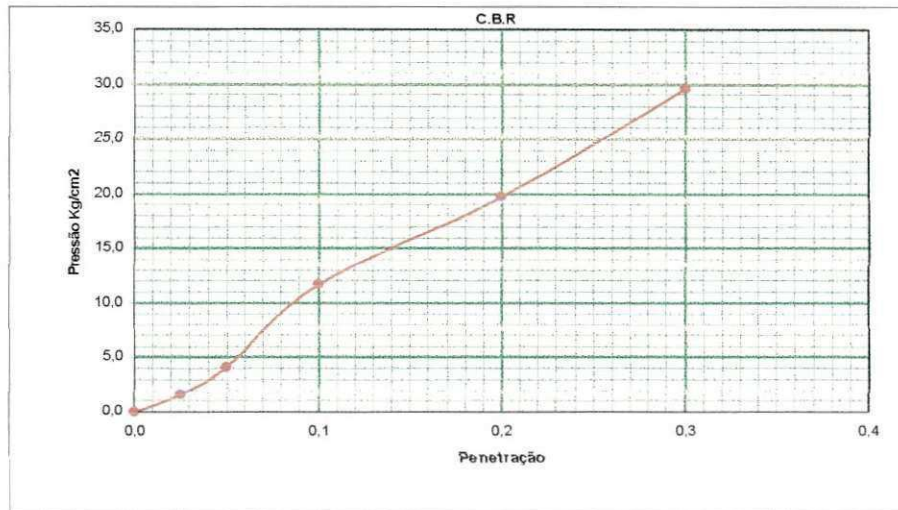


Figura 4 – Gráfico CBR

3.3 – Análise Granulométrica

3.3.1- Granulometria (DNER - ME 051/94 e DNER - ME 080/94)

A análise granulométrica consiste na determinação das porcentagens, em peso, das diferentes frações constituintes da fase sólida do solo. Para as partículas de solo maiores do que 0,075 mm (peneira nº 200 da ASTM) o ensaio é feito passando uma amostra do solo por uma série de peneiras de malhas quadradas de dimensões padronizadas.

Pesam-se as quantidades retiradas em cada peneira e calculam-se as porcentagens que passam em cada peneira.

A Tabela IV abaixo, indica as aberturas das malhas das peneiras normais da ASTM mais usadas nos laboratórios rodoviários.

Tabela IV - Peneiras

Nº	Abertura (mm)
200	0,075
100	0,15
40	0,42
10	2,09
4	4,8

Para as partículas de solo menores do que 0,075 mm utiliza-se o método de sedimentação contínua em meio líquido. Este método é baseado na lei de Stokes, a qual estabelece uma relação entre o diâmetro das partículas e a sua velocidade de sedimentação em um meio líquido de viscosidade e peso específico conhecidos.

$$d = \sqrt{\frac{1800n}{\gamma_s - \gamma_a} \times \frac{a}{t}}$$

Com os resultados obtidos no ensaio de granulometria traça-se a curva granulométrica em um diagrama semilogarítmico que tem como abscissa os logaritmos das dimensões das partículas e como ordenadas as porcentagens, em peso, de material que tem dimensão média menor que a dimensão considerada (porcentagem de material que passa).

Segundo a forma da curva, podemos distinguir os seguintes tipos de granulometria: uniforme; bem graduada; mal graduada.

Na prática, utilizam-se faixas granulométricas entre as quais deverá se situar a curva granulométrica do material a utilizar. Tem-se, assim, as faixas granulométricas para materiais a serem usados como solo estabilizado ou as faixas granulométricas para materiais filtrantes dos drenos. Quando o solo estudado não se enquadrar dentro da faixa granulométrica especificada, deve-se misturá-lo com outro solo, de maneira a obter uma mistura com granulometria dentro das especificações.

A análise granulométrica não basta, por si só, para caracterizar um solo sob todos os aspectos que interessam à técnica rodoviária, devendo ser completada, na maioria das vezes, por outros ensaios.

a) Ensaio de Granulometria por Peneiramento:

Toma-se uma amostra representativa do solo a ser ensaiado e pesa-se. Tem-se, então, o peso de amostra úmida que deve ser aproximadamente 1.500g. Passa-se toda a amostra na peneira nº 10. A fração retida será lavada na peneira nº 10, para eliminar todo o material fino aderente às partículas de solo. Transfere-se o solo lavado para uma cápsula e seca-se a temperatura de 105 °C a 110 °C. Faz-se, então o peneiramento do solo até a peneira nº 10. Da fração que passa na peneira nº 10 toma-se cerca de 100g para o peneiramento fino (da peneira nº 10 à de nº 200), e cerca de 50g para determinação da umidade higroscópica. Lava-se a amostra destinada ao peneiramento fino na peneira nº 200, seca-se a parte retida, em estufa a 105 °C a 110 °C, procedendo-se, então, ao peneiramento entre as peneiras nº 10 e nº 200.

b) Ensaio de Granulometria por Sedimentação:

O ensaio é realizado, com a fração da amostra representativa do solo que passa na peneira nº 10. Toma-se cerca de 120g, no caso de solos arenosos, ou cerca de 70g, no de solos siltsosos ou argilosos, daquela fração e coloca-se em um recipiente com água destilada, devendo o solo permanecer em imersão durante 18 horas. Passando este tempo, adiciona-se 20 como de defloculante. Leva-se ao dispersor. Transfere-se o solo dispersado para uma proveta de capacidade de 1000 ml. Completa-se o volume adicionando água destilada até o traço indicando 1000 ml. Agita-se, deposita-se a proveta e faz-se as leituras densimétricas de acordo com os tempos especificados para o ensaio de sedimentação, que são: 30 segundos, 1 minuto, 2 minutos, 4 minutos,

8 minutos, 15 minutos, 30 minutos, 60 minutos, 240 minutos e 1500 minutos. Terminando o ensaio de sedimentação, lava-se o solo na peneira nº 200, seca-se em estufa à temperatura de 105 °C a 110 °C, procedendo-se ao peneiramento compreendido entre as peneiras nº 10 e nº 200.

Para o cálculo da granulometria por sedimentação é necessário conhecer o peso específico dos grãos do solo. O ensaio para determinação do peso específico dos grãos do solo é realizado com um picnômetro de 500 ml e usando a fração da amostra representativa do solo que passa na peneira nº 10 e coloca-se em uma cápsula com água destilada em quantidade suficiente para se obter pasta fluida. Coloca-se a pasta no dispersor e liga-se este durante 15 minutos. Transfere-se a amostra para o picnômetro e junta-se água destilada até aproximadamente metade de seu volume. Faz-se vácuo no picnômetro durante 15 minutos, no mínimo, para extrair o ar contido na amostra e, em seguida, adiciona-se água destilada até a marca de calibração. Enxuga-se o picnômetro e pesa-se, anotando-se, a seguir, a temperatura da água.

3.3.2- Execução do ensaio

O ensaio de granulometria para o levantamento da curva granulométrica do solo é realizado com base do peneiramento realizado nas partículas de solo com diâmetros equivalentes superiores a 0,074mm (peneira 200).

A preparação das amostras de solo de dá pelos processos de secagem ao ar, quarteamento, destorroamento, utilizando-se quantidades de solo que variam em função da textura (aproximadamente 1,500g para o caso de solos grossos e 200g para casos de solo finos).

(ANEXO nº 3 e 4)

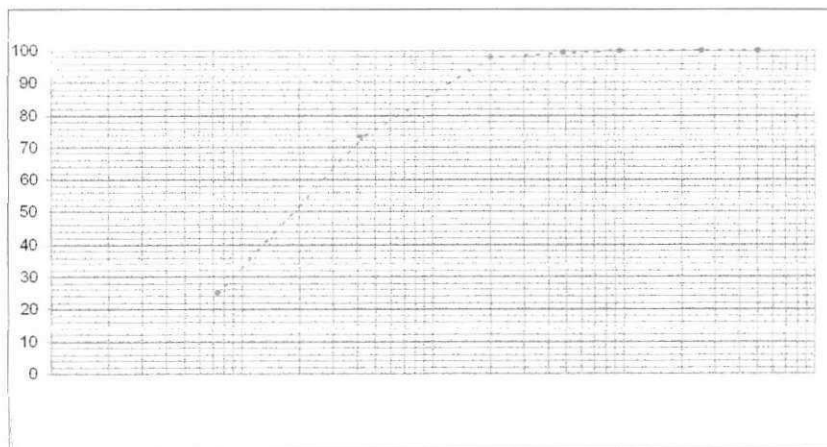


Figura 5 – Gráfico de Granulometria

3.4 – Limites de Consistência

3.4.1 – Limite de Liquidez e Plasticidade

Esses limites permitem avaliar a plasticidade dos solos. Esta propriedade dos solos argilosos consiste na maior ou menor capacidade de serem eles moldados sem variação de volume, sob certas condições de umidade. Entre os ensaios de rotina, objetivando a caracterização de um solo segundo sua plasticidade, estão a determinação do limite de liquidez e a do limite de plasticidade. Quando a umidade de um solo é muito grande, ele se apresenta como um fluido denso e se diz no estado líquido. A seguir, à medida que se evapora a água, ele se endurece, passando do estado líquido para o estado plástico. A umidade correspondente ao limite entre os estados líquido e plástico é denominada limite de liquidez. Ao continuar a perda de umidade, o estado plástico desaparece, passando o solo para o estado semi-sólido. Neste ponto, a amostra de solo se desagrega ao ser trabalhado. A umidade correspondente ao limite entre os estados plásticos e semi-sólido é denominada limite de plasticidade. Continuando a secagem, ocorre a passagem para o estado sólido. O limite entre esses dois últimos estados é denominado limite de contração.



A diferença numérica entre o limite de liquidez (LL) e o limite de plasticidade (LP) fornece o índice de plasticidade (IP)

$$IP = LL - LP$$

Este índice define a zona em que o terreno se acha no estado plástico e, por ser máximo para as argilas e mínimo para as areias, fornece um valioso critério para se avaliar o caráter argiloso de um solo. Quanto maior o IP, tanto mais plástico será o solo.

O índice de plasticidade é função da quantidade de argila presente no solo, enquanto o limite de liquidez e o limite de plasticidade são funções da quantidade e do tipo de argila. Quando um material não tem plasticidade (areia, por exemplo), escreve-se $IP = NP$ (não plástico).

O limite de liquidez indica a quantidade de água que pode ser absorvida pela fração do solo que passa pela peneira nº 40. Observa-se que quanto maior o LL tanto mais compressível o solo.

3.4.2 – Execução do ensaio

O procedimento para determinação do limite de liquidez é com a utilização do aparelho casagrande.

Prepara-se uma pasta com solo que passa na peneira 40, fazendo-se rolar com a palma da mão sobre uma placa de vidro esmerilhado, formando um pequeno cilindro.

Quando o cilindro de solo atingir o diâmetro de 3 mm e apresentar fissuras, mede-se a umidade do solo. Esta operação é repetida pelo menos cinco vezes, definindo assim o limite de plasticidade o valor médio dos teores de umidade determinados. (ANEXO nº 5)

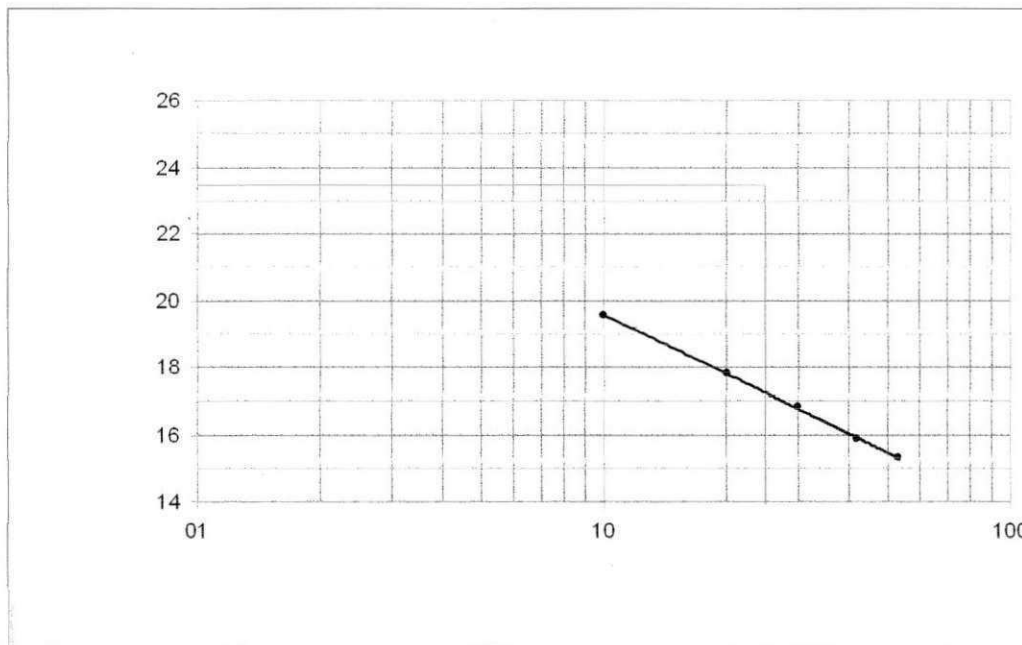


Figura 6 – Gráfico Limite de Liquidez

4. Ensaio de Caracterização do Concreto

O concreto empregado na execução de pavimentos rígidos deve apresentar a resistência característica à tração na flexão definida no projeto, que geralmente é da ordem de 4,5 MPa ou, como no caso dos pavimentos estruturalmente armados, uma resistência característica à compressão axial, que geralmente é de 30 MPa.

O concreto do pavimento deverá também apresentar uma baixa variação volumétrica, uma trabalhabilidade compatível com o equipamento a ser empregado no espalhamento, adensamento e acabamento do concreto e para garantir uma maior durabilidade, um consumo de cimento igual ou acima de 320 kg/m³ de concreto.

Para que sejam atendidas estas condições, é necessário que seja realizado um cuidadoso estudo do traço do concreto, que considere o tipo de cimento e a eficiência do cimento, conteúdo de

água, temperatura do concreto e dos materiais, tipos de aditivos e métodos de cura, devendo finalmente ser verificadas as propriedades do concreto, tanto no estado fresco como no endurecido.

O uso de aditivos nos concretos de pavimentos é recomendável, sendo geralmente empregados aditivos dos tipos redutor de água e incorporador de ar.

Existem diversos tipos de pavimentos rígidos em uso em nosso país, em função dos materiais empregados e da concepção estrutural, sendo eles :

- a) de concreto simples convencional ou rolado;
- b) tipo whitetopping;
- c) com fibras de aço ou de polipropileno;
- d) sobre-laje em tabuleiros de obras de arte especiais;
- e) com armação simples de retração;
- f) estruturalmente armado, com armação dupla;
- g) com peças premoldadas.

Em certas situações críticas, quando for necessária a liberação rápida do tráfego, deve ser estudado o emprego de concretos especiais, de resistência rápida, tipo *fast-track*, para permitir o trânsito de veículos após poucas horas depois da concretagem.

4.1 – Traçado do Concreto

Existem diversos procedimentos ou metodologias para se obter o traço de um concreto que atenda aos requisitos de resistência, durabilidade, trabalhabilidade e economia.

Nesses procedimentos são levados em consideração as características da estrutura e os meios que normalmente são adotados para o transporte, lançamento e adensamento e cura do concreto.

Devido à variedade dos materiais empregados na produção dos concretos, de região para região, esses procedimentos não podem ser generalizadas, sendo estabelecidos em função dos materiais de cada uma dessas regiões. Desta forma, o traço obtido por meio de um destes procedimentos provavelmente irá necessitar de correções, que serão tanto maiores quanto maior for a diferença existente nas características dos materiais e, para realizá-las, é necessário que o profissional incumbido desta tarefa possua a experiência e sensibilidade para realizá-la.

A experiência mostra que no concreto destinado à execução de um pavimento, os aspectos principais na definição do traço, são :

- a) a relação água-cimento,
- b) o teor de argamassa e
- c) o teor de água, expresso sob a forma de água unitária (consumo de água por m³ de concreto) ou pela relação água-mistura seca que variam entre limites muito próximos, o que reduz de forma significativa o trabalho experimental.

A Norma DNIT-054/2004-PRO apresenta o roteiro para o estudo do traço de concreto.

4.2 – Ensaios de Caracterização dos Materiais

Antes de ser iniciado um estudo de traço, os materiais constituintes do concreto (cimento, agregados, água e aditivos) devem ser previamente caracterizados, realizando-se nestes materiais os ensaios indicados na norma DNIT-054/2004-PRO, devendo ser empregados neste estudo somente os materiais considerados satisfatórios, segundo as normas do DNIT, DNER e da ABNT.

4.3 – Ensaios de Caracterização do Concreto

Durante a execução do pavimento devem ser realizados os ensaios de controle de qualidade dos materiais constituintes do concreto e do próprio concreto, que estão relacionados nas normas de execução e controle do tipo de pavimento rígido ou da metodologia executiva do pavimento em execução.

Um aspecto tecnológico de relevância a ser considerado, é o do controle da resistência à tração na flexão estabelecida no projeto, devido às dificuldades observadas no ensaio para a determinação desta resistência, especialmente em laboratório de campo, tais como a moldagem de corpos-de-prova prismáticos, o emprego de dispositivos especiais na prensa de ensaio, além dos maiores cuidados exigidos na realização deste ensaio, especialmente no que diz respeito à cura dos corpos de prova.

Em vista destas dificuldades, costuma-se correlacionar esta resistência com a resistência à compressão axial, que é de mais fácil avaliação. Esta correlação depende, entretanto, de vários fatores, dentre outros, das características petrográficas do agregado graúdo e da aderência deste agregado com a pasta de cimento, que varia em função da textura superficial, porosidade superficial, forma do agregado, além da existência ou não de material pulverulento aderente a esta superfície.

(ANEXO nº 6 e 7)

5. Execução e Controle Tecnológico do Pavimento Rígido

O notável volume de conhecimentos adquiridos nas duas últimas décadas, sobre os pavimentos rígidos, possibilitou o aprimoramento e o ajustamento das técnicas de projeto geométrico de juntas e de dimensionamento da espessura das placas de concreto a condições que, até então, eram consideradas imprópriamente, ou em alguns casos, sequer examinadas.

Exemplo disto é o estabelecimento de novos modelos de comportamento dos pavimentos rígidos, distintos do clássico tipo baseado na Fadiga do Concreto sob a ação de cargas repetidas – o de Erosão da Fundação do pavimento e o de Escalonamento das Juntas, cujo emprego na análise estrutural do sistema, conduz a uma avaliação mais realista dos fenômenos que podem levar o pavimento ao colapso.

A própria análise estrutural, antes restrita aos clássicos sistemas de placas apoiadas em fundação contínua (Westergaard) ou de camadas múltiplas (Burmister, por exemplo), dispõem agora da rápida e eficaz ferramenta de cálculo constituída pelo Método dos Elementos Finitos, capaz de simular as mais amplas variações na geometria e nas propriedades dos componentes da estrutura.

Paralelamente ao desenvolvimento desses enfoques, tornou-se possível considerar no projeto os seguintes aspectos:

- a) A influência das sub-bases estáveis, mormente as tratadas com cimento;
- b) O papel do tipo de transferência de carga nas juntas e bordas do pavimento, representado pelas barras de transferência e pelos acostamentos de concreto;
- c) *As conseqüências da ocasional ocorrência de contato parcial entre o pavimento e a sua fundação;*
- d) A ação de diferentes distribuições de tráfego, com relação à geometria das placas;
- e) Os efeitos do empenamento térmico e higroscópio do concreto no nível de tensões;
- f) No projeto das juntas, a adoção do reservatório do selante, capaz de aumentar a *eficiência do sistema de juntas, com os reflexos benéficos correspondentes na durabilidade.*

Outro passo à frente, no sentido de assegurar o adequado nível de segurança aos projetos, foi a introdução no dimensionamento, do conceito de confiabilidade estatística, entendida como a probabilidade de que um certo pavimento desempenhará satisfatoriamente as funções previstas no projeto.

Após o estudo aprofundado das diferentes tendências e escolas que se preocupam com o assunto, o DNIT decidiu que comporiam o manual de pavimentos rígidos, dois métodos de

dimensionamento de pavimento de concreto simples e um método de dimensionamento de pavimento de concreto estruturalmente armado, que são:

a) Portland Cement Association (PCA), dos EUA, na versão de 1966, um método clássico, que tem a seu favor a extensa experiência prática levada a efeito nas mais diferentes regiões do mundo, e que se fundamenta no Modelo de Fadiga de Concreto e no sistema de análise estrutural ligado ao caso das placas elásticas apoiadas em fundação contínua;

b) Da mesma PCA, o procedimento dado a público em 1984, que incorpora a um modelo modificado de Fadiga, o modelo de Erosão, neste inseridas considerações sobre o Escalonamento e que emprega análise estrutural por Elementos Finitos;

c) Dimensionamento de pavimentos de concreto estruturalmente armados, baseado na determinação das tensões atuantes e dos momentos fletores, de acordo com o modelo proposto por Westergaard por meio de Cartas de Influência de Pickett e Ray. O cálculo estrutural é conduzido no Estádio III, de acordo com as prescrições da Norma NBR 6118, considerando-se o emprego de telas soldadas produzidas com aço CA-60. Para o concreto do pavimento, considera-se que a sua resistência seja superior a 25 MPa, para que se tenha uma resistência ao desgaste compatível com o grau de sollicitação imposto aos pavimentos rodoviários.

Os dois métodos de dimensionamento de pavimento de concreto simples, são alternativos, e devem ser usados conforme a experiência regional e os dados de projeto disponíveis.

Adicionalmente são apresentados critérios de dimensionamento de pavimentos de concreto executados sobre estrutura de concreto, tais como os tabuleiros de pontes e viadutos ou outro tipo de estruturas de concreto.

Para pavimento de acostamentos, recuos e pátios, apresenta-se um método de dimensionamento com peças pré-moldadas de concreto, que é uma solução muitas vezes adotada para a pavimentação daqueles locais.

Com relação ao projeto geométrico de juntas, o manual de pavimentos rígidos, contém indicações precisas que possibilitarão definir, caso a caso:

- a) As dimensões superficiais das placas de concreto;
- b) Os tipos, a geometria e a locação das juntas;
- c) O tipo de aço, a bitola, o comprimento e o espaçamento de barras de transferência de carga e de ligação entre faixas de placas;
- d) O reservatório do selante das juntas;
- e) Aspectos particulares do projeto.

5.1 – Característica do Subleito

Nos projetos de pavimentos rígidos deve ser dada especial atenção à ocorrência de variações bruscas nas características do subleito, especialmente à presença de solos expansivos e de camadas espessas de argila mole.

Estas informações podem ser obtidas durante a fase dos estudos geológicos a serem melhor detalhadas durante os estudos geotécnicos, integrantes das Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários.

Para o dimensionamento da espessura do pavimento rígido, o parâmetro relativo ao suporte do subleito é o Coeficiente de Recalque (k), também denominado de Módulo de Reação ou Módulo de Westergaard.

Este parâmetro é determinado em uma prova de carga estática, conforme a norma DNIT 055/2004-ME, que se baseia na norma ASTM-D 1196 (1977) e em diretrizes específicas do United States Army Corps of Engineers.

Nesta prova de carga são correlacionadas as pressões verticais transmitidas ao subleito por meio de uma placa rígida (com 76cm de diâmetro, pelo menos) e os deslocamentos verticais correspondentes.

A faixa de variação dos valores do coeficiente de recalque, em relação aos diversos tipos de solo (classificação AASHTO-BPR), que pode ser usada na avaliação prévia de k para cálculos preliminares de custo, por exemplo,

Para a determinação do coeficiente de recalque admite-se lançar mão de uma correlação entre os valores do coeficiente de recalque do solo do subleito e os valores obtidos para o Índice de Suporte Califórnia (CBR) deste subleito, devendo-se entretanto, tomar as precauções necessárias e especialmente considerar a experiência regional.

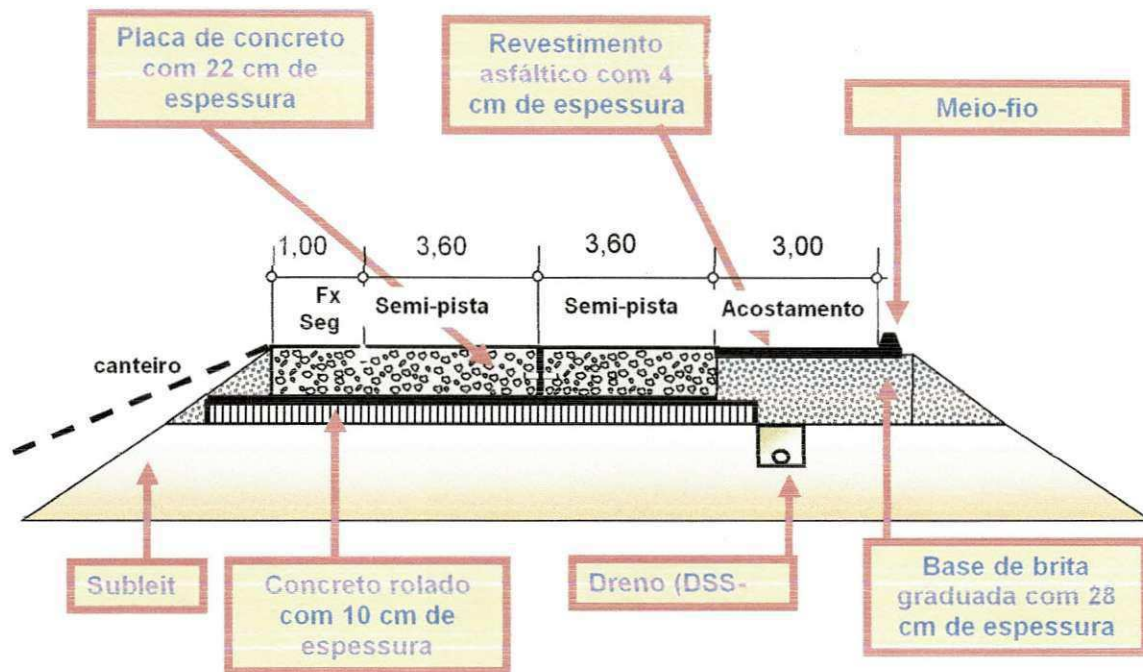


Figura 7 – Seção Transversal Tipo – Pavimento de Concreto

5.2 – Estudo do Traçado

Os estudos constantes desta tarefa têm por objetivo:

- a) definir as diretrizes tecnicamente possíveis da rodovia,
- b) determinar a viabilidade física das alternativas indicadas, como sendo adequadas pelos estudos de tráfego para a ligação rodoviária proposta,
- c) definir certas soluções básicas, para possibilitar a elaboração desembaraçada dos trabalhos mais detalhados nos estudos posteriores do Projeto Final,
- d) estimar os custos aproximados de construção, de manutenção e de desapropriação, para fins de avaliação econômica e financeira.

As diretrizes para este estudo estão apresentadas na IS -11 do DNER.

5.3 – Projeto de Sub-base

A prática atual no projeto de pavimentos rígidos tem sido a intercalação de uma sub-base entre a placa de concreto e o subleito.

Esta sub-base é uma camada delgada, com as seguintes funções:

- a) uniformizar o suporte disponível ao longo da faixa do pavimento,
- b) evitar os efeitos das mudanças excessivas de volume dos solos do subleito,

c) eliminar a ocorrência do fenômeno de bombeamento de finos plásticos, porventura presentes no solo de fundação, quando da presença de água em excesso e cargas pesadas.

Além de não bombeáveis, as sub-bases sob as placas de concreto, não devem ser consolidáveis, recomendando-se para tanto que ela seja pouco espessa.

Conceitua-se o papel da fundação nos pavimentos rígidos, tendo em vista o modo peculiar de trabalho deles, através da análise de dados de ensaios específicos, e descreve-se as funções que se espera que a sub-base venha a cumprir.

Sempre se baseando em resultados de ensaios e da prática, são fornecidas informações que auxiliam a escolha, por parte do projetista, de uma solução que, em termos e enfoque nacionais, possa ser a mais adequada para um determinado caso.

São indicados os requisitos exigidos para os materiais e para as demais características da sub-base, fazendo-se menção especial às sub-bases granulares e as sub-bases estabilizadas com cimento, nos seus mais diversos tipos, sugerindo-se seções transversais típicas, bem como as condições para fixar-se convenientemente estas espessuras.

5.4 – Projeto de Drenagem

O sistema de drenagem para pavimentos rígidos é constituído basicamente pela drenagem superficial, por bueiros e pela drenagem profunda, tal como nos projetos de pavimentos flexíveis.

Características peculiares das sub-bases, dos solos de fundação ou do nível freático, podem requerer soluções particulares, ou mesmo simplificar o sistema de drenagem, como no caso da utilização de brita graduada como sub-base com função drenante.

Os projetos de drenagem para pavimentos rígidos devem ser executados conforme as diretrizes atualmente recomendadas, tanto pela Especificação de Serviços de Drenagem e o Álbum de Projetos Tipo de Dispositivos de Drenagem (1988) do DNER, como pelas orientações das Instruções de Serviço para Projeto de Drenagem, integrante das Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários.

A drenagem dos pavimentos é realizada por meio dos seguintes sistemas:

5.4.1 – Drenagem Superficial

O sistema de drenagem superficial tem por objetivo captar e interceptar as águas que se precipitam sobre o corpo estradal e conduzi-las para um local de deságüe seguro, sem que comprometa a estabilidade do maciço e não cause erosão nas áreas vizinhas.

Ele se compõe dos seguintes dispositivos :

- a) valeta de proteção de corte

- b) valeta de proteção de aterro
- c) sarjeta de corte em solo
- d) sarjeta de corte em rocha
- e) banquetas de aterro
- f) saída d'água
- g) descida d'água
- h) caixa coletora
- i) caixa de amortecimento
- j) escalonamento dos taludes

a) Bueiros

O sistema de bueiros tem por objetivo permitir a passagem das águas que escoam pelo terreno natural, de um lado para o outro do corpo estradal.

Os tipos de bueiros utilizados nas rodovias são:

- a) tubulares de concreto
- b) tubulares metálicos
- c) celulares de concreto

b) Drenagem Profunda

O sistema de drenagem profunda tem por objetivo interceptar e rebaixar o lençol d'água subterrâneo, de forma a impedir a deterioração progressiva do suporte das camadas dos terraplenos e pavimentos.

Os tipos de drenos profundos utilizados nas rodovias são:

- a) drenos contínuos
- b) drenos descontínuos
- c) drenos cegos
- d) drenos interceptantes
- e) colchões drenantes
- f) drenos rasos
- g) drenos transversais
- h) drenos a céu aberto (valetões)

6. Cronograma

Tabela V – Metas a Alcançar até agosto de 2008

	2008							
m3	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO
ESC. CARGA TRANS.	33.309,75	----	----	----	----	----	----	----
DIAS TRABALHADOS	22	----	----	----	----	----	----	----
META DIÁRIA	1.514,08							
	2008							
m3	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO
COMPAC ATERROS	62.703,71	----	----	----	----	----	----	----
DIAS TRABALHADOS	22	----	----	----	----	----	----	----
META DIÁRIA	2.850,17							
	2008							
m3	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO
PAVIMENTO RÍGIDO	3.492,58	1.995,76	2.494,70	2.993,64	2.744,17	3.492,58	997,88	----
DIAS TRABALHADOS	22	22	22	22	22	22	22	----
META DIÁRIA	158,75	90,72	113,40	136,07	124,73	158,75	45,36	
	2008							
m3	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO
CBUQ (RESTAURAÇÃO)	6.402,73	4.432,66	8.865,32	2.955,11	3.940,14	2.955,11	1.970,07	1.477,55
DIAS TRABALHADOS	22	22	22	22	22	22	22	22
META DIÁRIA	291,03	201,48	402,97	134,32	179,10	134,32	89,55	67,16

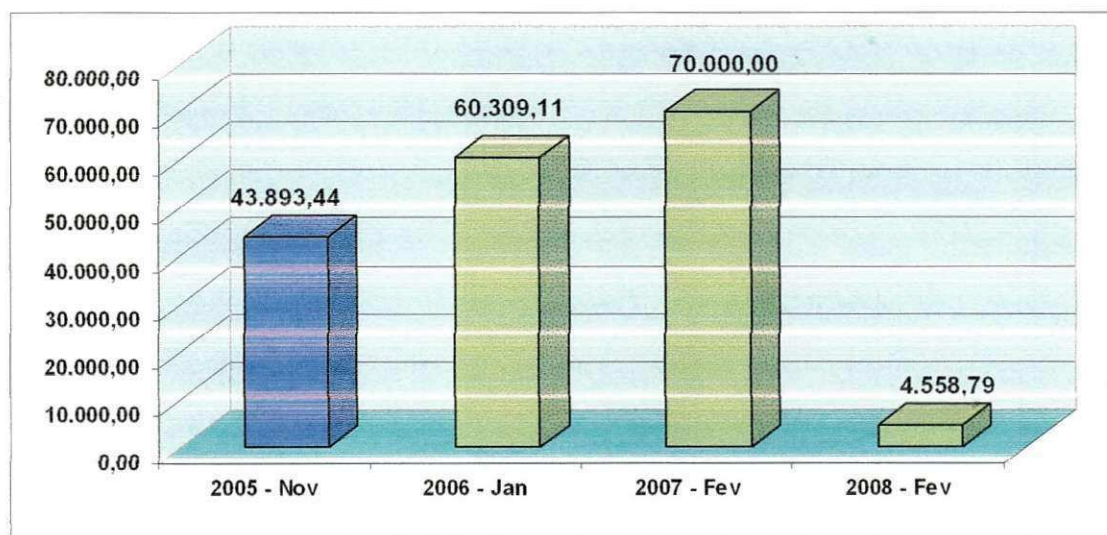


Figura 8 – Gráfico do Cronograma de Desembolso (R\$ 1.000,00)

7. Atividades desenvolvidas pelo estagiário

O estágio foi realizado no mês de fevereiro de 2008. Quando as obras encontravam-se em várias fases de execução ao mesmo tempo, desde a terraplenagem ao lançamento das placas de concreto, enquanto a pista já existente estava sendo restaurada com emprego de Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ).

1º Semana

O primeiro passo foi o reconhecimento do canteiro de obras, da usina de concreto e do trecho da BR 101 que liga as cidades de João Pessoa-PB e Goiana-PE. Naquela semana estivemos voltados para ensaios laboratoriais de solo e visualização *in loco* de áreas de solo mole e áreas com problemas ambientais, ou seja, áreas em que estão sendo aguardadas autorizações da justiça e IBAMA para o início, ou reinício das obras.

Os ensaios de solo são realizados no canteiro de obras, por uma equipe chefiada por um oficial engenheiro civil.

Os ensaios de CBR também eram realizados nos mesmos moldes do ensaio de compactação, seguindo o item 3.2.1 supracitado neste relatório.

Os ensaios de granulometria eram realizados através dos métodos por peneiramento e por sedimentação, conforme descrito no item 3.3.1. Contudo, dependendo do tipo de granulometria do material apresentado e a necessidade de utilização, era realizado uma mistura para poder se chegar à necessidade do material a ser empregado. Com relação ao agregado miúdo e graúdo, estes já eram recebidas no canteiro de obras dentro das especificações pré-determinadas e acondicionadas em baías, com suas respectivas identificações.

A localização das áreas de solo mole visitadas são:

Tabela VI – Áreas de Solos Moles

Km Inicial	Km Final	Volume compactado(m³)	Referência
75,52	75,70	13.320,00	Solo mole 01 (90 dias)
77,00	77,58	21.080,00	Solo mole 02 (18 meses)
78,12	78,42	7.770,00	Solo mole 03/04 (90 dias/18 meses)
80,00	80,40	28.000,00	Solo mole 06 (18 meses)
93,20	94,56	80.000,00	Solo mole 08 (120 dias)

As áreas de solo mole 03/04 (região do Rio Paraíba) e área de solo mole 06 (região do Rio Preto), são especificamente as áreas próximas aos leitos dos rios (~30 m a esquerda/direita da margem), o que não necessariamente interferiam nos trechos mais afastados.

O tempo contido nos parênteses acima, refere-se ao tempo de sobrecarga dos aterros.

Estes aterros têm como finalidade acelerar os recalques, sendo bem eficaz nesta situação, haja vista termos na região solos silto-arenosos. Pudemos vivenciar:

- acompanhamento dos recalques através de equipamentos
- acompanhamento dos efeitos de deslocamentos horizontais

Uma importante situação verificada nas obras de duplicação da BR 101, foram áreas que estavam com problemas ambientais. Nós visitamos especificamente o local abaixo:

Tabela VII – Área de desapropriação

Km Inicial	Km Final	Referência
95,28	95,46	Entre a Caixa d'água da CAGEPA e a CONPEL

Esta área é de desapropriação (reassentamento das famílias residentes) e a parte fora da faixa não houve autorização do proprietário para dar entrada no processo de licenciamento.

Os impactos diretos e indiretos que uma obra deste porte produz no meio ambiente, ocorrem por conta dos serviços de duplicação da rodovia, com a exploração de áreas minerais (saibreira, empréstimos laterais, pedreiras e areais), a retirada e a transferência de enormes quantidades de minerais, que contribuem para a alteração da paisagem e de sítios culturais (arqueológicos). Por isso, a execução dos Programas Ambientais é fundamental para minimizar estes impactos e preservar o meio ambiente.

2º semana

Continuam os trabalhos iniciados na 1ª semana, com ênfase nos ensaios laboratoriais.

3º semana

Nesta semana foi iniciados os ensaios de caracterização do concreto, verificação *in loco* da operação de lançamento do CCR e das placas de concreto, bem como da recuperação da pista existente com emprego de Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ).

Cabe salientar que o cimento (CP II F-32), fornecido para a execução das obras de duplicação da BR 101, está sendo fornecido por uma indústria localizada na cidade de João Pessoa-PB, próximo ao trecho em obras.

Tanto a coleta de amostras, como os ensaios em campo e canteiro de obras, são realizados por técnicos militares e civis.

No canteiro de obras realizamos os ensaios de:

- traço experimental do concreto;
- ensaio de compressão
- ensaio de resistência à tração

Na BR 101 foram realizados, dentre outros:

- análise visual do concreto chegado na pista
- ensaio de consistência, pelo abatimento
- retiradas de amostras de concreto para os ensaios de compressão e resistência à tração
- verificação do teor de ar incorporado, pelo método pressiométrico

A pista de rolamento está sendo construída com as seguintes características:

- largura de 3,60 m
- CCR com uma espessura de 10 cm
- Placa de concreto com um fck médio de 4,5 Mpa
- Consumo de cimento médio de 382 Kg/m³

Após o lançamento das placas de concreto, foi realizada a texturização com equipamento de vassoura mecânica. Estas texturas objetivam evitar aquaplanagem dos veículos, facilitação do escoamento de água e melhoria da aderência.

Posteriormente foi realizado as aberturas transversais e longitudinais, estas aberturas tem por finalidade, fazer com que as fissuras comuns ao concreto, seja pela retração volumétrica (no caso fissuras transversais) ou pela variação térmica (no caso fissuras longitudinais), ocorram sob a junta, não afetando a estética. Posteriormente foi realizado a selagem das juntas, cuja finalidade é impedir a infiltração de água e de materiais sólidos (como areia, pequenos pedregulhos e outros corpos estranhos) através delas.

Nas juntas transversais foram feitos cortes de aproximadamente $\frac{1}{4}$ da largura da placa de concreto e nas transversais, $\frac{1}{3}$ da largura.

Quanto às pistas existentes, são recuperadas através da retirada de áreas que apresentam recalques, infiltrações e buracos. Posteriormente são corrigidos o subleito, imprimado e feito um novo recapeamento com CBUQ. Verifica-se que a parte antiga da BR 101, irá permanecer com as mesmas características de projeto.

Pude verificar que algumas obras de artes especiais, viadutos, pontes, passarelas e drenagem superficial estão sendo realizados de forma terceirizados, ou seja, algumas construtoras são contratadas através de licitação para a realização destas obras. Tendo a engenharia militar a incumbência principal das obras de adequação da capacidade de tráfego da BR 101.

4º semana

Neste período pudemos dar continuidade aos trabalhos iniciados na 3ª semana, complementado com atividades administrativas de relatórios.

8. Considerações Finais

Após o período de estágio, verifica-se que há uma necessidade ímpar de um bom planejamento por parte do engenheiro, no sentido de canalizar os recursos financeiros, materiais e humanos, de forma a poder diminuir gastos, desperdícios e acidentes em qualquer obra.

Em especial vivenciei o dinheiro público sendo gasto de forma muito clara e com objetivos definidos, não sendo visado em especial o “lucro”, mas a prestação de um serviço de qualidade e seguro para os usuários da BR 101.

Pudemos observar durante o estágio, a aplicação de modernas técnicas nos solos de baixa resistência (“solos moles”), cravação de geodrenos (produto similar a uma mangueira têxtil), aplicação de geogrelhas (distribuição uniforme da carga), além de instrumentação e monitoramento (acompanhamento do comportamento do solo). Para a execução dos trabalhos do pavimento em concreto, a engenharia militar (2º BE Cnst), adquiriu uma usina de concreto com capacidade de produção de 94m³/ h e uma pavimentadora de formas deslizantes, considerados os mais modernos equipamentos em operação na América do Sul.

As equipes de laboratório, seja de solo ou concreto, são formadas por técnicos laboratoristas civis e militares, que puderam passar parte dos seus conhecimentos, mesmo porque as atividades de ensaios são vividas no cotidiano, tornando-se assim, simples.

Quanto ao pessoal de campo, mostraram-se muito profissionais e competentes nas suas atividades, não medindo esforços para que o conhecimento pudesse ser dividido de forma muito clara. Estando sempre prontos para tirar quaisquer dúvidas que por ventura pudesse surgir.

O pessoal do canteiro de obra, equipe de segurança, rancho e saúde, ofereceram uma verdadeira aula de logística, onde a retaguarda funciona silenciosamente para que o pessoal de campo possa trabalhar de forma adequada, com segurança e tranqüila.

Os alojamentos, banheiros e alimentação, são oferecidos de ótima qualidade, tudo dentro das Normas Brasileiras.

9. Imagens



Figura 9 – Laboratório Central de Solos



Figura 10 – Usina de Concreto



Figura 11 – Remoção de Solo Mole

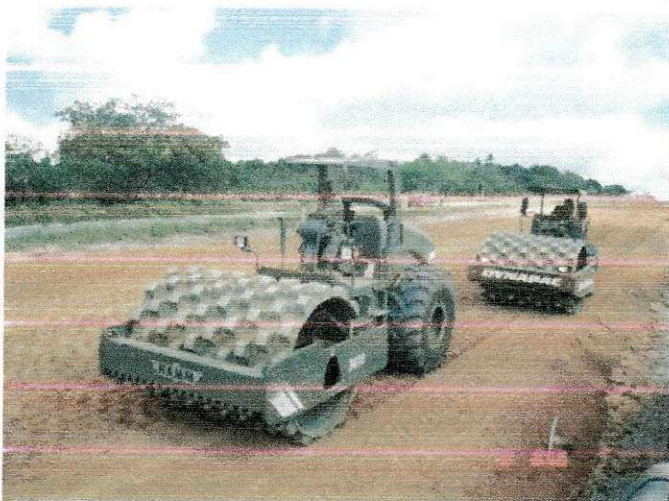


Figura 12 – Terraplenagem

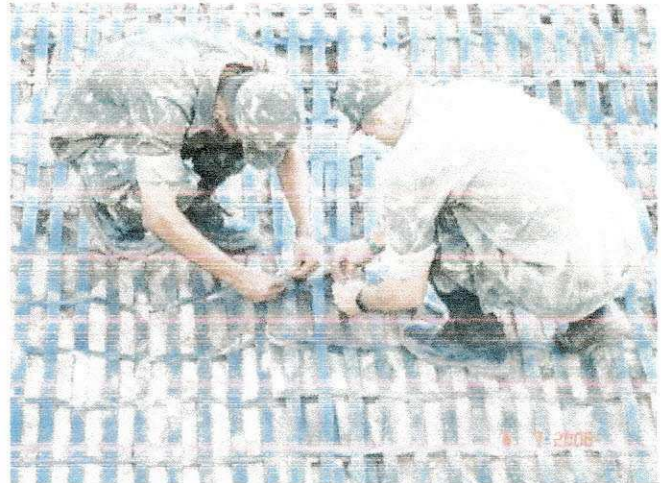


Figura 13 – Aplicação de Geodreno e Geogrelha



Figura 14 – Lançamento de CCR



Figura 15 – CCR lançado e imprimado

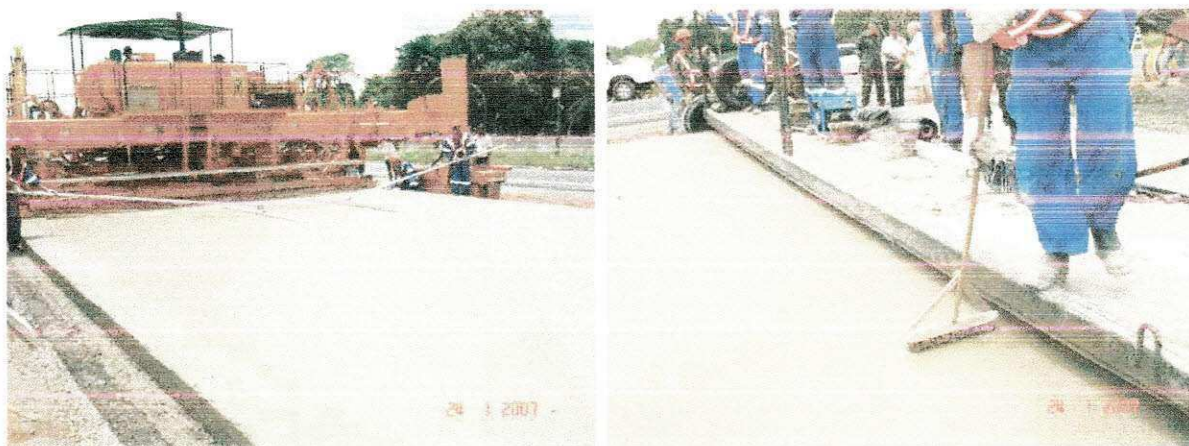


Figura 16 – Lançamento de Placa de Concreto

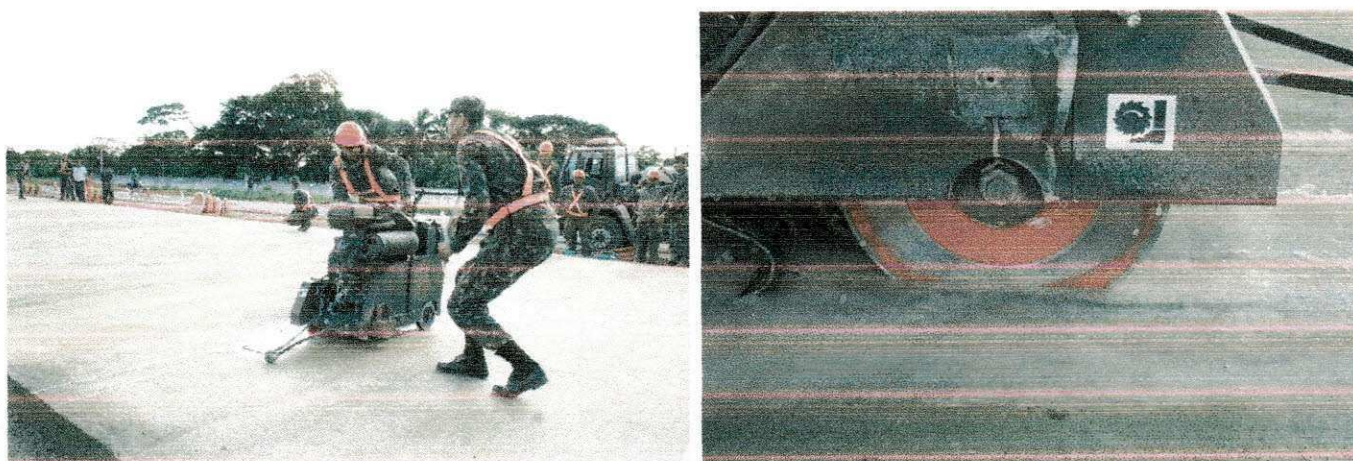


Figura 17 – Execução do Corte na Placa de Concreto

10. Anexos



2º BATALHÃO DE ENGENHARIA DE CONSTRUÇÃO

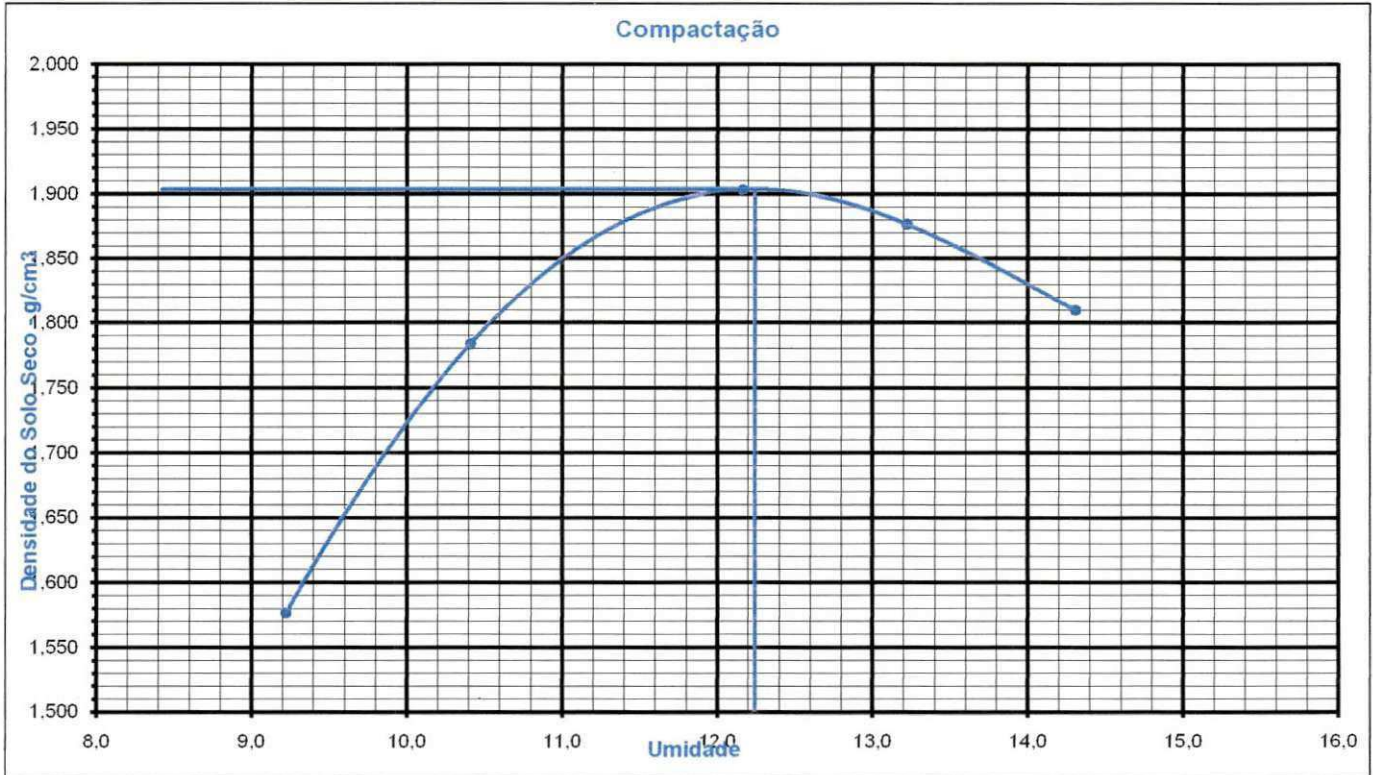
LABORATÓRIO DE SOLOS, ASFÁLTO E CONCRETO



ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

OBRA BR-101		TRECHO DO KM 74,1 AO KM 129			OBSERVAÇÃO	
PROCEDÊNCIA		ESTACA	LADO E-X-D	PROFUND. EM Cm	REGISTRO N°	
CAMADA:	OPERADOR	EST. COLETA	DATA	CALCULISTA	VISTO	
UMIDADE HIGROSCOPIA	%	%	MOLDE N°	30	DENSIDADE MÁXIMA:	
Cápsula - N°		2	VOLUME DO MOLDE	2060	<u>1,904</u> g/cm ³	
Peso Bruto Úmido		77,55	PESO DO MOLDE	5437		
Peso Bruto Seco		76,92	PESO DO SOQUETE	4536	UMIDADE ÓTIMA:	
Peso da Cápsula		30,42	ESPESSURA DO DISCO ESPAÇADOR	2 1/2"		
Peso da Água		0,63	GOLPES / CAMADA	12	<u>12,2</u> %	
Peso do Solo Seco		46,50	N° DE CAMADAS	05		
Umidade (%)		1,35				
Umidade Média		<u>1,35</u>				

PONTO N°	PESO BRUTO ÚMIDO	PESO SOLO ÚMIDO	DENSIDADE SOLO ÚMIDO	DETERMINAÇÃO DA UMIDADE							UMIDADE MÉDIA %	DENSIDADE DO SOLO SECO %	
				CÁPSULA N°	PESO BRUTO ÚMIDO	PESO BRUTO SECO	PESO DA CÁPSULA	PESO DA ÁGUA	PESO SOLO SECO	UMIDADE %			
1	8985	3548	1,722										
				13	76,30	71,40	18,25	4,90	53,15			9,2	1,577
2	9495	4058	1,970										
				85	64,62	60,25	18,26	4,37	41,99			10,4	1,784
3	9835	4398	2,135										
				10	62,29	57,49	18,02	4,80	39,47			12,2	1,903
4	9815	4378	2,125										
				4	42,39	38,64	10,27	3,75	28,37			13,2	1,877
5	9700	4263	2,069										
				98	54,91	50,21	17,35	4,70	32,86			14,3	1,810



**C.B.R.**

RODOVIA:	TRECHO:	SUB-TRECHO Do Km 74,1 ao Km 129
----------	---------	------------------------------------

PROCED. SAIB. SUB-LEI:	LOCAL / FURO / ESTACA: 985-992	LADO E-X-D LADO X	PROFUND. EM Cm:	REGISTRO Nº
------------------------	-----------------------------------	----------------------	-----------------	-------------

ATERRO	OPERADOR: SD JEOVÁ	DATA: 9/2/2008	CALCULISTA: SD ADRIANO COSTA	VISTO:
--------	-----------------------	-------------------	---------------------------------	--------

UMIDADE	Higroscópica		De Moldagem		Molde Nº	35
Cápsula - Nº	127		11		Peso do Molde	4545
Peso Bruto Umido	92.90		66.30		Volume do Molde	2095
Peso Bruto Seco	92.70		63.40		Nº de Camadas	05
Peso da Cápsula	30.00		16.30		Golpes/Camada	12
Peso da Água	0.20		2.90		Peso do Soquete	4536
Peso do Solo Seco	62.70		47.10		Espessura do disco Espaçador	2 1/2"
Umidade (%)	0.32		6.2		Altura do Cilindro (mm)	113.5
Umidade Média (%)	0.32		6.2			

DADOS DE COMPACTAÇÃO		CÁLCULO DA ÁGUA		Anel Din.
Densidade Máxima - Kg/m ³	2,020	Peso do Solo	Úmido	6000
Umidade ótima - %	9,0	Passando na # Nº 4	Seco	5981
Umidade Higroscópica - %	0,3	Peso de Pedregulho Retido na # Nº 4		Nº 1
Diferença de Umidade - %	8,7	Água a Juntar	519	Constante k= 0.116

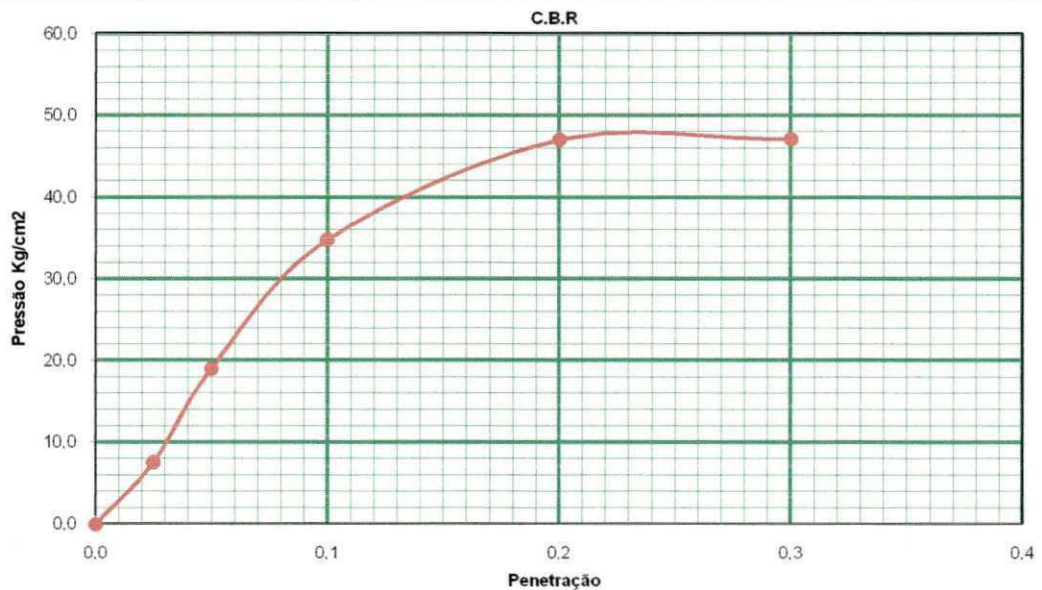
ENSAIO DE PENETRAÇÃO								Expansão				
Tempo min.	Penetração		Leitura Extens.	Pressão - Kg/cm ²				Datas		Leitura Defl.mm	Difer. mm	Exp. mm
	Pol	mm		Determ.	Corrigido	Padrão	%	Dia	Hora			
30 seg	0,025	0,63	65	7,5				10-fev	15:00	1,00	0,00	0,00
1	0,05	1,27	164	19,0				11-fev	15:00	1,20	0,20	0,18
2	0,1	2,54	300	34,8	34,8	70	49,7					
4	0,2	5,08	405	47,0	47,0	105	44,7	12-fev		1,20	0,20	0,18
6	0,3	7,62	406	47,1		133						
8	0,4	10,16				161		13-fev		1,20	0,20	0,18
10	0,5	12,7				182						

Moldagem de Verificação

CBR 49,7%

Peso Bruto Umido
9.065
Peso Umido
4.520
Densidade Umida
2,158
Densidade Seca
2,032
Grau de Compactação
100,6%

Obs:





GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO



ESTRADA:	OBRA:	Duplicação da BR - 101	
TRECHO:	AMOSTRA:	CCR - 02 (SECA NO FOGO) AMOSTRA 01 (2º MOLDAGEM)	
ESTACA:	DATA COLETA:	07-jan-08	DATA ENSAIO: 08-jan-08
INTERESSADO: DNIT			

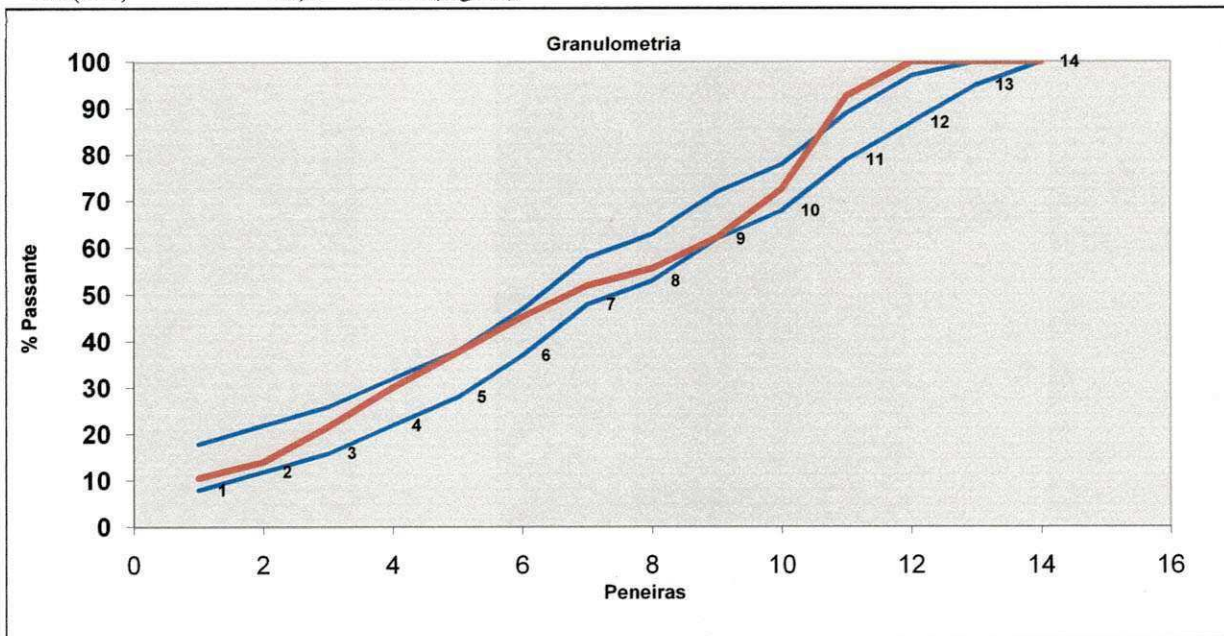
Amostra úmida	10000
---------------	-------

Amostra Seca	9363,3	Umidade % =	6,8
--------------	--------	-------------	-----

PENEIRAMENTO

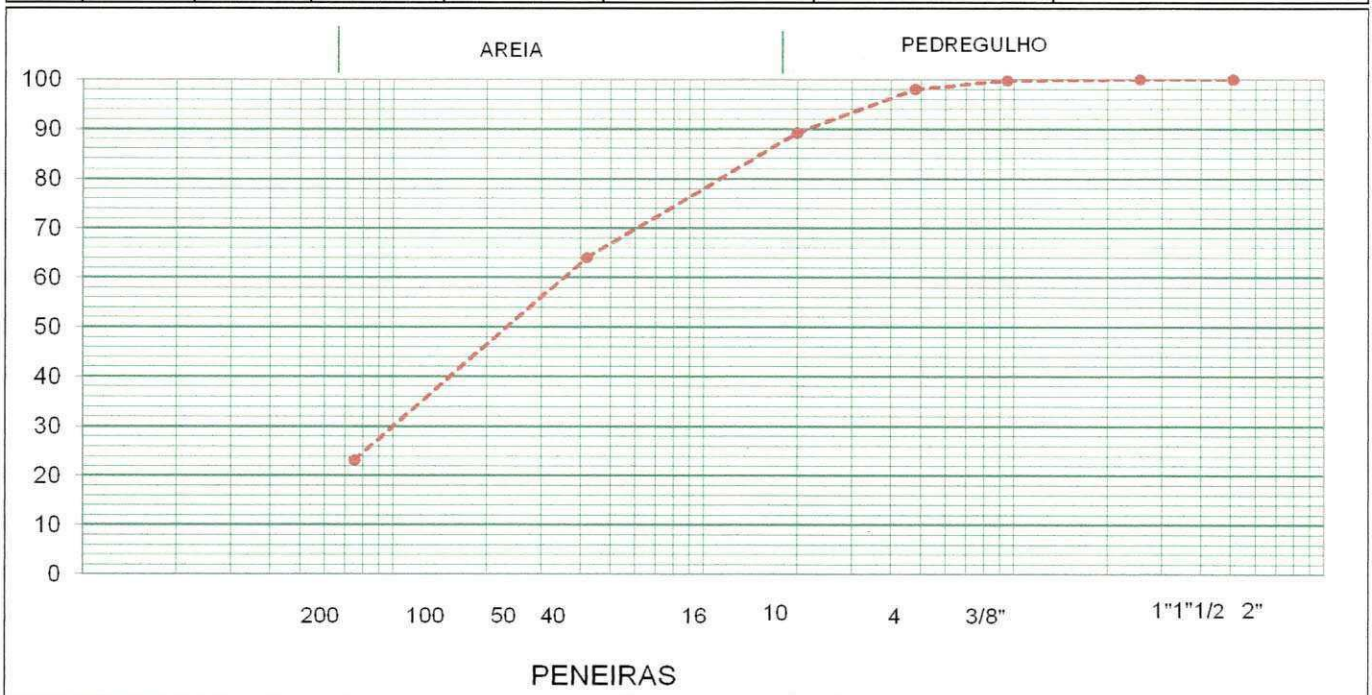
Peneiras	MATERIAL RETIDO				Faixa		Peneiras (mm)
	Peso(g)	% Retida	% Acumulada	% Passante			
2"		0,0	0,0	100,0	100		50,8
1 1/4"		0,0	0,0	100,0	95	100	31,7
1"		0,0	0,0	100,0	87	97	25,4
3/4"	684,88	7,3	7,3	92,7	79	89	19,1
1/2"	1876,74	20,0	27,4	72,6	68	78	12,7
3/8"	968,86	10,3	37,7	62,3	62	72	9,5
1/4"	623,81	6,7	44,4	55,6	53	63	6,3
N.º 4	340,96	3,6	48,0	52,0	48	58	4,8
N.º 8	622,75	6,7	54,7	45,3	37	47	2,4
N.º 16	713,10	7,6	62,3	37,7	28	38	1,2
N.º 30	707,76	7,6	69,8	30,2	22	32	0,6
N.º 50	792,58	8,5	78,3	21,7	16	26	0,30
N.º 100	708,55	7,6	85,9	14,1	12	22	0,15
N.º 200	325,95	3,5	89,3	10,7	8	18	0,074
Fundo	35,20						

MF= 4,44 MUAS (Kg/m³)= MUC (Kg/m³)=
DM(mm)= 25,4 MER (Kg/m³)=



Ensaio de Granulometria por Peneiramento					
UMIDADE	%	%	AMOSTRA	Total	Parcial
Cápsula - N°	143		Cápsula - N°	2	1
Peso Bruto Úmido	90,44		Peso Bruto Úmido		
Peso Bruto Seco	90,26		Peso Úmido	1500	150
Peso da Cápsula	31,17		Peso Retido na # N° 10	160,7	
Peso da Água	0,18		Peso Úmido Pass. na # N° 10	1339,3	
Peso do Solo Seco	59,09		Peso Seco Pass. na # N° 10	1335,2	
Umidade	0,3		Peso da amostra Seca	<input type="text" value="2"/> 1495,9	<input type="text" value="3"/> 149,5
Umidade Média	0,30				

Peneiramento							
Amostra Total	Peneiras		Peso Retido	Peso que Passa	% que Passa	Peneiras	CONSTANTES
	Pol	mm	Parcial	Acumulado	Am.Total	Pol	
Am. Total	2	50,8	0,00	1495,9	100,0	2	$K_1 = \frac{100}{\text{[2]}} = 0,0668$
	1 1/2	38,1	0,00	1495,9	100,0	1 1/2	
	1	25,4	0,00	1495,9	100,0	1	$K_2 = \frac{\text{[4]}}{\text{[3]}} = 0,5969$
	3/4	19,1	0,00	1495,9	100,0	3/4	
	1/2	12,7	0,00	1495,9	100,0	1/2	FAIXA " D " da AASHO
	3/8	9,5	3,62	1492,3	99,8	3/8	
	n°4	4,8	24,30	1468,0	98,1	n°4	
	n°10	2,0	132,80	1335,2	<input type="text" value="4"/> 89,3	n°10	
Am. parcial	n°40	0,42	42,10	107,4	64,1	n°40	Obs:
	n°200	0,074	68,49	39,0	23,3	n°200	



		GRANULOMETRIA			
RODOVIA: BR - 101	TRECHO: JOÃO PESSOA / PERNAMBUCO	SUB-TRECHO: Do Km 74,1 ao Km 129			
PROCEDENCIA: 3ª CAMADA FINAL	LOCALIZ. FURO ESTACA EST. 2060	LADO E X D	PROFUND.	OBSERVAÇÃO	
LABORATÓRIO: 2º BECnst	OPERADOR: SD JEOVÁ	DATA: 08/02/08	CALCULISTA: SC ADRIANA	VISTO:	



ENSAIOS FÍSICOS



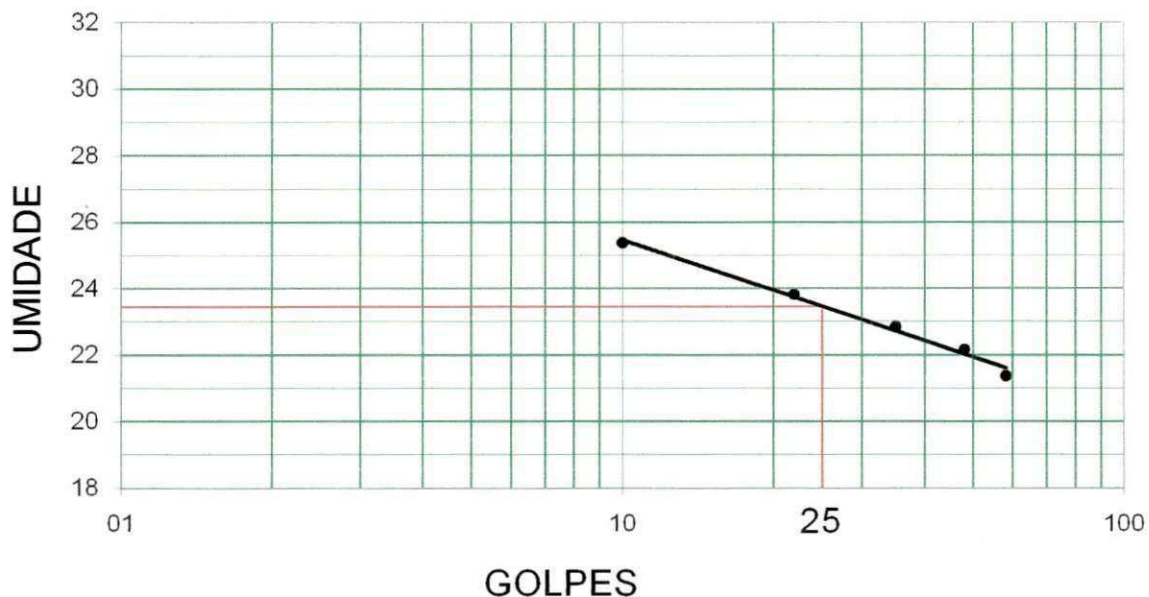
LIMITE DE LIQUIDEZ

Cápsula	N.º	14	08	55	51	85	Operador:	AURÉLIO
Golpes	gr	10	22	35	48	58		
Peso Bruto Úmido	gr	17,10	17,80	17,29	11,81	15,76	Data:	5/2/2008
Peso Bruto Seco	gr	15,36	16,41	15,97	10,62	14,85		
Peso da Cápsula	gr	8,50	10,57	10,19	5,25	10,59	Calculista:	AURÉLIO
Peso da Água	gr	1,74	1,39	1,32	1,19	0,91		
Peso do Solo Seco	gr	6,86	5,84	5,78	5,37	4,26		
Umidade	%	25,4	23,8	22,8	22,2	21,4		

LIMITE DE PLASTICIDADE

Cápsula	N.º	88	4	25	28	79	LL	23,4
Peso Bruto Úmido	gr	13,15	7,75	12,16	11,36	7,75	LP	14,3
Peso Bruto Seco	gr	12,80	7,45	11,83	11,06	7,44		
Peso da Cápsula	gr	10,32	5,32	9,60	8,98	5,25	OBS: IP :	9,1
Peso da Água	gr	0,35	0,30	0,33	0,30	0,31		
Peso do Solo Seco	gr	2,48	2,13	2,23	2,08	2,19		
Umidade	%	14,1	14,1	14,8	14,4	14,2		
		OK	OK	OK	OK	OK		

LIMITE DE LIQUIDEZ



Rodovia:	Duplicação da BR - 101	Operador:	0	Furo:	Furo - 01
Trecho:	Paraíba / Pernambuco	Calculista:	AURÉLIO	lado:	
Subtrecho:	Do Km 74,1 ao Km 129	Data:	5/2/2008	Registro N.º:	EST. 2360
Localização:	ESTUDO (DYNATEST)	Visto:		Profundidade:	-



2º BATALHÃO DE ENGENHARIA DE CONSTRUÇÃO

RODOVIA: BR-101 (CORREDOR NORDESTE)
 TRECHO: LUCENA - DIV. PB/PE
 SUBTRECHO: BR 101 Km 74.1 (LUCENA) - Km 129 DIV PB/PE
 LOTE: 05

SEGMENTO: Km 74.1 - Km 129.0
 EXTENSÃO: 54,9
 CÓDIGO PNV:

SEÇÃO TÉCNICA - LABORATÓRIO DE CONCRETO - CONCRETO SIMPLES PARA PLACA (PISTA)

Nº DE SÉRIE	TRAÇO	DATA DE MOLD.	PEÇA	ABAT. (cm)	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (MPa)										RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO (MPa)						ACEITAÇÃO DO LOTE									
					RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (MPa)					RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (MPa)					CONTROLE ESTATÍSTICO															
					DATA RUP.	7 DIAS	DATA RUP.	28 DIAS	DATA RUP.	(x) DIAS	DATA RUP.	7 DIAS	DATA RUP.	28 DIAS	DATA RUP.	(x) DIAS	Nº EXEMP.	fct28 (MPa)	fctM 28 (MPa)	Desvio Padrão (MPa)		Coefficiente de distribuição de Student	FctM. est (MPa)							
103	SC-01	12/11/07	PLACA PISTA Estacas 2294 a 2280		19/11/07		10/12/07	35,6	-	-	19/11/07	3,5	10/12/07	4,6	-	-	7	4,6	4,56	0,05	0,906	4,51	APROVADO AUTOMATICAMENTE							
								33,9	-	-		3,7		4,0	-	-														
104	SC-01	12/11/07	PLACA PISTA Estacas 2294 a 2280		19/11/07		10/12/07	33,6	-	-	19/11/07	3,6	10/12/07	4,5	-	-														
								35,1	-	-		3,8		3,6	-	-														
105	SC-01	12/11/07	PLACA PISTA Estacas 2294 a 2280		19/11/07		10/12/07	35,6	-	-	19/11/07	3,5	10/12/07	4,6	-	-														
								35,0	-	-		3,7		4,0	-	-														
106	SC-01	12/11/07	PLACA PISTA Estacas 2294 a 2280		19/11/07		10/12/07	34,0	-	-	19/11/07	4,3	10/12/07	4,4	-	-														
								34,6	-	-		4,2		4,5	-	-														
107	SC-01	12/11/07	PLACA PISTA Estacas 2294 a 2280		19/11/07		10/12/07	33,3	-	-	19/11/07	4,0	10/12/07	4,5	-	-														
								33,7	-	-		4,3		4,5	-	-														
108	SC-01	12/11/07	PLACA PISTA Estacas 2294 a 2280		19/11/07		10/12/07	32,2	-	-	19/11/07	4,3	10/12/07	4,6	-	-														
								32,1	-	-		4,2		4,6	-	-														
109	SC-01	12/11/07	PLACA PISTA Estacas 2294 a 2280		19/11/07		10/12/07	33,0	-	-	19/11/07	4,5	10/12/07	4,6	-	-														
								32,5	-	-		4,3		4,6	-	-														
110	SC-01	13/11/07	PLACA PISTA Estacas 2280 a 2263		20/11/07		11/12/07	34,9	-	-	20/11/07	4,5	11/12/07	5,2	-	-	8	5,2	5,46	0,27	0,90	5,22	APROVADO AUTOMATICAMENTE							
								35,4	-	-		4,1		4,6	-	-														
111	SC-01	13/11/07	PLACA PISTA Estacas 2280 a 2263		20/11/07		11/12/07	36,0	-	-	20/11/07	4,6	05/01/08	5,3	-	-														
								35,4	-	-		4,3		4,9	-	-														
112	SC-01	13/11/07	PLACA PISTA Estacas 2280 a 2263		20/11/07		11/12/07	34,8	-	-	20/11/07	4,0	11/12/07	4,4	-	-														
								35,1	-	-		4,4		5,1	-	-														
113	SC-01	13/11/07	PLACA PISTA Estacas 2280 a 2263		20/11/07		11/12/07	34,8	-	-	20/11/07	4,0	11/12/07	4,8	-	-														
								35,7	-	-		4,3		5,8	-	-														
114	SC-01	13/11/07	PLACA PISTA Estacas 2280 a 2263		20/11/07		11/12/07	34,7	-	-	20/11/07	5,0	11/12/07	5,3	-	-														
								35,0	-	-		3,8		5,7	-	-														
115	SC-01	13/11/07	PLACA PISTA Estacas 2280 a 2263		20/11/07		11/12/07	34,1	-	-	20/11/07	4,2	11/12/07	4,0	-	-														
								34,9	-	-		3,7		5,7	-	-														
116	SC-01	13/11/07	PLACA PISTA Estacas 2280 a 2263		20/11/07		11/12/07	34,9	-	-	20/11/07	5,2	11/12/07	5,6	-	-														
								34,1	-	-		3,9		5,5	-	-														
117	SC-01	13/11/07	PLACA PISTA Estacas 2280 a 2263		20/11/07		11/12/07	33,1	-	-	20/11/07	4,5	11/12/07	5,2	-	-														
								34,0	-	-		4,2		5,3	-	-														
118	SC-01	14/11/07	PLACA PISTA Estacas 2263 a 2250		21/11/07		12/12/07	30,6	-	-	21/11/07	4,4	12/12/07	5,5	-	-	6	5,7	5,82	0,64	0,92	5,23	APROVADO AUTOMATICAMENTE							
								32,3	-	-		4,9		5,7	-	-														
119	SC-01	14/11/07	PLACA PISTA Estacas 2263 a 2250		21/11/07		12/12/07	35,0	-	-	21/11/07	4,8	12/12/07	5,6	-	-														
								31,8	-	-		4,9		5,4	-	-														
120	SC-01	14/11/07	PLACA PISTA Estacas 2263 a 2250		21/11/07		12/12/07	32,4	-	-	21/11/07	5,1	12/12/07	7,0	-	-														
								31,8	-	-		4,6		6,1	-	-														
121	SC-01	14/11/07	PLACA PISTA Estacas 2263 a 2250		21/11/07		12/12/07	37,6	-	-	21/11/07	4,8	12/12/07	5,8	-	-														
								35,6	-	-		4,7		5,9	-	-														
122	SC-01	14/11/07	PLACA PISTA Estacas 2263 a 2250		21/11/07		12/12/07	33,0	-	-	21/11/07	4,1	12/12/07	5,1	-	-														
								32,1	-	-		4,5		4,7	-	-														
123	SC-01	14/11/07	PLACA PISTA Estacas 2263 a 2250		21/11/07		12/12/07	31,9	-	-	21/11/07	4,8	12/12/07	5,6	-	-														
								32,9	-	-		4,4		5,6	-	-														



CONCRETO CS 05_4.5 Mpa

TRAÇO fck = 4.5 Mpa PLACA DE CONCRETO

TRAÇO UNITÁRIO

cimento	areia	brita 19	brita 32
1	1,740	1,580	1,580

C = 382 Kg/m³
A/C = 0,45

TRAÇO P/ m³ do CONCRETO

CIMENTO	382	Kg/m ³	Cimento Zebu CP II F 32
AREIA	665	Kg/m ³	Jazida de Areia do Joel
BRITA 19	604	Kg/m ³	Pedreira Guarany
BRITA 32	604	Kg/m ³	Pedreira Guarany
ÁGUA	172	l/m ³	
ADITIVO	2,75	Kg/m ³	

m = 4,900
Aditivo = 0,60%
Densidade Teórica = 2426 Kg/m³
Teor Argamassa = 46,4 %

Traço P/ experimento laboratorial - 15/01/08

B19 =	23,70 Kg	Dens (Kg/m ³) =	2443
B32 =	23,70 Kg	Ar inc (%) =	
Água =	5,68 litros	h _{b19} =	0,0%
Areia =	27,17 Kg	h _{areia} =	4,1%
Aditivo =	0,09 litros		90 ml
C =	15,00 Kg		

SLUMP (mm)	ADITIVOS					
	MASTERMIX 390 N (BASF) (2º BEC)	MASTERMIX 390 N (BASF) (2º BEC)	MASTERMIX 390 N (BASF) (3º BEC)	HAGEN PLASTEC 40	SIKA PF 171	RHEOTEC
HORA INICIAL (h:min)	12:35	15:30	11:14	10:03	08:42	14:20
% ADITIVO	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
SLUMP (0) mim	110	85	60	75	40	110
SLUMP (15) mim	80	43	47	60	35	85
SLUMP (30) mim	50	30	45	45	30	60
SLUMP (45) mim	45	20	15	30	20	45
SLUMP (60) mim	20	10	5	15	5	35
TEMPERATURA CIMENTO °C	45	75	45	48	48	44
TEMPERATURA CONCRETO °C	29	33	30	27	29	33

obs: UTILIZADO O NOVO CIMENTO

11. Referências Bibliográficas

- Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes, *Manual de Pavimentação*. 3ª edição – Rio de Janeiro, 2006
- Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes, *Manual de Pavimentos Rígidos*. 2ª edição – Rio de Janeiro, 2005
- Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes, *Manual de Projeto de Obras – de-Arte Especiais*. Rio de Janeiro, 1996
- ABNT NBR 6457/1986. *Determinação do Teor de Umidade de Solos*.
- ABNT NBR 6459/1984. *Determinação do Limite de Liquidez*
- ABNT NBR 7182/1986. *Ensaio de Compactação de Solos*.
- ABNT NBR 7181/1984. *Análise Granulométrica*.
- DNER - ME 049/94 – Índice de suporte Califórnia
- DNER - ME 051/94 e 080/94 – Granulometria
- DNER - ME 122/94 – Limite de Liquidez
- DNER - ME 082/94 – Limite de Plasticidade
- DNER - ME 129/94 – Ensaio de Compactação
- CAPUTO, H. P. *Mecânica dos Solos e suas Aplicações*. V. I. Livros Técnicos e Científicos Editora. São Paulo, 1983.
- www.dnit.gov.br